



INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CAMPUS NATAL - CENTRAL / DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 10

VALDÉCIO FÉLIX DA SILVA

**O MEGO (MODELO EXPERIMENTAL GLOBO OCULAR) E SUA CONTRIBUIÇÃO
PARA O ESTUDO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA E DA VISÃO.**

Natal, RN

2023

VALDÉCIO FÉLIX DA SILVA

**O MEGO (MODELO EXPERIMENTAL GLOBO OCULAR) E SUA CONTRIBUIÇÃO
PARA O ESTUDO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA E DA VISÃO.**

Pós-Graduação Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. José Ferreira da Silva Junior.

Natal, RN

2023

Silva, Valdécio Félix da.
S586m O MEGO (modelo experimental globo ocular) e sua contribuição
para o estudo da óptica geométrica e da visão / Valdécio Félix da
Silva. – 2023.
201 f. : il. color.

Dissertação (pós-graduação) – Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.
Orientador: Dr. José Ferreira da Silva Júnior.

1. Óptica geométrica – Estudo e ensino – Sequencia didática. 2.
Modelo Experimental Globo Ocular (MEGO). 3. Unidade didática
(UD) – Construção experimental -- Três momentos pedagógicos. 4.
Aprendizagem significativa. I. Título.

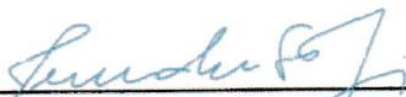
CDU: 535.31

VALDÉCIO FÉLIX DA SILVA

**O MEGO (MODELO EXPERIMENTAL GLOBO OCULAR) E SUA CONTRIBUIÇÃO
PARA O ESTUDO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA E DA VISÃO.**

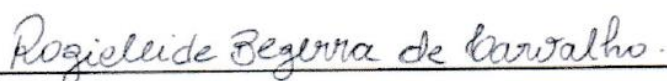
Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Dissertação apresentada e aprovada em 16/02/2023, pela seguinte Banca Examinadora:



Prof. Dr. José Ferreira da Silva Junior – Orientador.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Profª. Dra: Rozicleide Bezerra de Carvalho - Examinador Externo

Instituto de Educação Superior Presidente Kennedy



Prof. Dr. Paulo Cavalcante – Examinador Interno

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dedico este trabalho, em primeiro lugar, a Deus, por ser indispensável na minha vida, aos meus pais e filhos que me apoiaram nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, sou grato a Deus por ter me dado a determinação, a saúde, o conhecimento e a oportunidade de completar mais esta fase intelectual da minha vida profissional.

A minha família foi o meu apoio durante todo o curso, dando-me a base necessária para que eu não desistisse e concluísse o mestrado com êxito.

Aos meus pais, Valdete Martins da Silva (in memorian) e Francisca Félix da Silva, que me ensinaram os quatro princípios fundamentais (honestidade, humildade, respeito e perseverança) para me tornar uma pessoa de caráter.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Ferreira da Silva Junior, pelas sugestões, observações e disponibilidade de tempo dedicados à orientação deste trabalho.

Aos colegas do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, IFRN-Polo 10, especialmente Manaceis Mariano, George Chacon e Thobias Germano, pela dedicação, os momentos de estudos e os incentivos de todos nós ao longo do curso.

Ao colega e amigo, Dr. José Pedro da Silva Júnior, que nos auxiliou com as resoluções das listas de exercícios que foram indispensáveis para podermos progredir no curso.

Aos meus colegas de trabalho da Fundação Bradesco Natal, especialmente as diretoras Francinete Rangel e Edna, e os coordenadores Fábio de Lima e Cassandra Maria, pelo apoio no meu desenvolvimento profissional.

Aos colegas de trabalho da Fundação Bradesco Natal, especialmente às diretoras Francinete Rangel e Edna Nascimento, e aos coordenadores Cassandra Maria e Fábio de Lima, pelo apoio no meu crescimento profissional.

Aos funcionários do Expansivo Colégio e Curso — Unidade: Planalto, pelo apoio, incentivo na utilização do produto educacional e aos alunos, que se comprometeram para as atividades serem bem-sucedidas.

Aos professores do MNPEF, pelas contribuições que acrescentaram ao meu conhecimento acadêmico e profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — Brasil (CAPES) — código de financiamento 001, pelo apoio ao trabalho realizado.

*Não há saber mais ou saber menos: Há
saberes diferentes.*

(Paulo Freire).

RES/UMO

O presente trabalho tem por objetivo elaborar uma sequência de aulas que culminem em uma unidade didática (UD) sobre o estudo da óptica geométrica e da visão, abordando a teoria de forma prática por experiências e demonstrações experimentais. Essa ação é desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (MNPEF), polo 10 do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Professores que lecionam em escolas públicas ou privadas apontam que não possuem laboratórios de Ciências que atendam às necessidades da comunidade escolar e, quando possuem laboratório, não há experimentos ou materiais para a realização das atividades experimentais. Como resposta a este desafio, apresentamos a UD e a construção do MEGO (modelo experimental globo ocular), que poderá auxiliar no estudo da óptica geométrica e da visão. Utilizamos os três momentos pedagógicos de Delizoicov & Angotti (1991) como critério para estruturar as atividades e guiar as ações pedagógicas. A UD acrescenta e conecta elementos relevantes ao processo de ensino-aprendizagem dos alunos, iniciando com uma fase de investigação, experimentação e trabalho em grupo, de acordo com as etapas cumpridas nos três momentos pedagógicos (3MP). Trata-se de uma proposta (UD + MEGO) que não se limita a fingir funcionar, mas sim aproveita as suas principais qualidades para motivar, desafiar e despertar a curiosidade do aluno. A aplicação do produto educacional ocorreu em uma Escola particular, durante e depois da pandemia (2021/2022), dividida em cinco encontros de aulas. Avaliamos o desempenho dos alunos, com base nas avaliações diagnósticas e nas observações realizadas durante a aplicação do produto. A análise demonstrou a importância do produto educacional para a aprendizagem de alunos com ou sem lacunas de aprendizagens no ensino de Óptica geométrica e da Visão. Dessa forma, pode-se proporcionar o acesso ao conhecimento científico. O propósito não é obrigá-lo a aprender, o que seria inconcebível, mas despertar o seu interesse pela física, mostrando ser possível ter familiaridade com diversas áreas do conhecimento. Assim, a (UD) estabelece ligações e repensamentos sobre a relevância dos conceitos de Óptica Geométrica e Visão, a partir das atividades desenvolvidas ao longo de todas as etapas dessa (unidade didática).

Palavras-chave: os 3MP; construção experimental; aprendizagem significativa; unidade didática (UD); óptica geométrica e da visão.

ABSTRACT

The present work aims to elaborate a sequence of classes that culminate in a didactic unit (UD) on the study of geometric optics and vision, approaching the theory in a practical way through experiences and experimental demonstrations. This action is developed within the scope of the Graduate Program in Physics Teaching (MNPEF), pole 10 of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Norte (IFRN). Teachers who teach in public or private schools point out that they do not have Science laboratories that meet the needs of the school community and, when they have a laboratory, there are no experiments or materials to carry out experimental activities. As a response to this challenge, we present the UD and the construction of the MEGO (experimental eyeball model), which may help in the study of geometric optics and vision. We used the three pedagogical moments of Delizoicov & Angotti (1991) as a criterion to structure the activities and guide the pedagogical actions. The UD adds and connects relevant elements to the students' teaching-learning process, starting with a phase of investigation, experimentation and group work, according to the steps taken in the three pedagogical moments (3MP). This is a proposal (UD + MEGO) that doesn't just pretend to work, but takes advantage of its main qualities to motivate, challenge and awaken the student's curiosity. The application of the educational product took place in a private school, during and after the pandemic (2021/2022), divided into five class meetings. We evaluate the students' performance, based on diagnostic evaluations and observations made during the application of the product. The analysis demonstrated the importance of the educational product for the learning of students with or without learning gaps in the teaching of Geometric Optics and Vision. In this way, access to scientific knowledge can be provided. The purpose is not to force you to learn, which would be inconceivable, but to awaken your interest in physics, showing that it is possible to be familiar with different areas of knowledge. Thus, the (UD) establishes links and rethinking about the relevance of the concepts of Geometric Optics and Vision, based on the activities developed throughout all stages of this (didactic unit).

Keywords: the 3MP; experimental construction; meaningful learning; didactic unit (UD); geometric optics and vision.

LISTA DE SIGLAS

AC	Aplicação do Conhecimento
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CBEF	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
CCEF	Caderno Catarinense de Ensino de Física
IFGO	Instituto Federal Goiano
IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEGO	Modelo Experimental Globo Ocular
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física Norte
OC	Organização do Conhecimento
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PE	Produto Educacional
PI	Problematização Inicial
PUC-SP	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física
TD	Transposição didática
UD	Unidade Didática
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFRR	Universidade Federal de Roraima
UNAERP	Universidade de Ribeirão Preto
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fonte de luz primária e projeção de sombra.....	40
Figura 2 - Estudo analítico da câmara escura.....	41
Figura 3 - Reflexão e refração luminosa.	42
Figura 4 - Onda plana refletida em um espelho plano.....	43
Figura 5 - Geometria da construção de Huygens para o cálculo da lei da reflexão. .	43
Figura 6 - Aplicação do princípio de Huygens para a refração de ondas planas na superfície de separação de um meio.	44
Figura 7 - Geometria para dedução da lei da reflexão a partir do princípio de Fermat.	46
Figura 8 - Geometria para dedução da lei de Snell a partir do princípio de Fermat. .	46
Figura 9 - Geometria para o tempo mínimo na dedução da lei de Snell partir do princípio de Fermat.	47
Figura 10 - Gráfico de t versus x , medido ao longo da superfície de refração.	48
Figura 11 - Classificação das lentes esféricas.	49
Figura 12 - Comportamento óptico das lentes.....	50
Figura 13 - Centro óptico das lentes esféricas.	50
Figura 14 - Foco principal e pontos antiprincipais das lentes.	51
Figura 15 - Raios notáveis (1^a e 2^a propriedades).....	52
Figura 16 - Raios notáveis (3^a e 4^a propriedades).....	53
Figura 17 - Construção da imagem em lente esférica divergente.	53
Figura 18 - Construção da imagem em lente esférica convergente (Objeto situado antes do ponto antiprincipal objeto - A_o).	54
Figura 19 - Construção da imagem em lente esférica convergente (Objeto situado no ponto antiprincipal objeto (A_o)).	54
Figura 20 - Construção da imagem em lente esférica convergente (Objeto situado entre o ponto antiprincipal objeto (A_o) e o foco principal objeto (f_o)).	55
Figura 21 - Construção da imagem em lente esférica convergente (Objeto situado no foco principal objeto (f_o)).	56
Figura 22 - Construção da imagem em lente esférica convergente (Objeto situado entre o foco principal objeto (f_o) e o centro óptico (O).	56
Figura 23 - Lente convergente: estudo analítico das lentes esféricas (Equação de Gauss).....	57

Figura 24 - Lente convergente - referencial Gaussiano.	59
Figura 25 - Lente convergente - Esquema representativo para demonstração analítica do aumento linear transversal.	60
Figura 26 - Lentes convergentes com diferentes vergência.	62
Figura 27 - Imagem da geometria utilizada para derivar a equação dos fabricantes das lentes (I) assumindo $n_1 < n_2$	64
Figura 28 - Imagem da geometria utilizada para expandir a equação dos fabricantes das lentes assumindo $n_1 = n$ e $n_2 = 1$	67
Figura 29 - Estrutura interna do olho humano.	69
Figura 30 - Fotorreceptores que se comunicam com o nervo óptico.	70
Figura 31 - Caminho visual.	70
Figura 32 - Caminho visual.	71
Figura 33 - Decodificação de impulsos eletroquímicos pelo cérebro no lobo occipital.	72
Figura 34 - Defeito visual (miopia).	74
Figura 35 - Defeito visual (miopia) e correção.	75
Figura 36 - Defeito visual (hipermetropia) e correção.	76
Figura 37 - Defeito visual (astigmatismo).	77
Figura 38 - a e b: Correção do defeito visual (astigmatismo)	77
Figura 39 - Defeito visual (estrabismo).	78
Figura 40 - Tipos de estrabismo.	78
Figura 41 - Defeito visual (presbiopia).	79
Figura 42 - Ilusões de óptica 1.	86
Figura 43 - Ilusões de óptica 2.	87
Figura 44 - Princípio da propagação retilínea da luz e dispersão luminosa.	87
Figura 45 - Espelho convexo, telescópio e espelho côncavo.	87
Figura 46 - Princípio da propagação retilínea da luz e defeito visual (presbiopia). ...	88
Figura 47 - Bandeira 1 (ilusão de óptica).	98
Figura 48 - Bandeira 2 (ilusão de óptica).	99
Figura 49 - Propagação retilínea da luz.	99
Figura 50 - Incidência da luz monocromática azul sobre placa de cores distintas. .	100
Figura 51 - Construção 1.	105
Figura 52 - Construção 2.	106
Figura 53 - Construção final.	106

Figura 54 - Sala escura.	107
Figura 55: Esquema da câmara escura	109
Figura 56 - Câmara escura.....	110
Figura 57 - Princípio da propagação retilínea da luz (luz, sombra e penumbra).	120
Figura 58 - Reflexão luminosa (Olhos que brilham).	120
Figura 59 - Luz, câmera e ação (demonstração e projeção da imagem no interior da câmara escura).	121
Figura 60 - Analogia entre o olho humano, câmera fotográfica e a câmara escura.	121
Figura 61 - Vista cansada.	123
Figura 62 - Defeito de visão (miopia).	124
Figura 63 - Princípio da propagação retilínea da luz (convergência).	125
Figura 64 - Atividade simulacional e registro dos aspectos relevantes da aula.	130
Figura 65 - Etapas do Produto Educacional	133
Figura 66 - bola de isopor.....	134
Figura 67 - Lupa de 100 m.	134
Figura 68 - fio 2,5 mm.	134
Figura 69 - Bocal soquete de porcelana E27	134
Figura 70 - Lâmpada palito fluorescente para soquete E27.....	135
Figura 71 - Cano de PVC de 100 mm ou recipiente de plástico. (lata) cilíndrica ou lata cilíndrica de 370 g.	135
Figura 72 - luva de redução de 75 para 40 mm.....	135
Figura 73 - Caps de 75 mm.....	135
Figura 74 -Estilete.	136
Figura 75 - Cola de isopor.....	136
Figura 76 - Tábua suporte.....	136
Figura 77 - 1º Passo - construção do MEGO.	137
Figura 78 - 2º Passo - construção do MEGO.	137
Figura 79 - 3º Passo - construção do MEGO.	137
Figura 80 - 4º Passo - construção do MEGO.	138
Figura 81 - 5º Passo - construção do MEGO.	138
Figura 82 - 1º Passo - construção do Canhão de luz.	139
Figura 83 - 2º Passo - construção do Canhão de luz.	139
Figura 84 - 3º Passo - construção do Canhão de luz.	140

Figura 85 - Imagem virtual, direita e ampliada, situada com o objeto entre o foco objeto (fo) e centro óptico (O) da lente.....	140
Figura 86 - Projeção da imagem real “dentro da lente” e formação da imagem virtual “fora da lente”	140
Figura 87 - Imagem real projetada no interior do MEGO (retina), após sofrer refração na “córnea e cristalino” (lentes de acrílico e vidro).	141
Figura 88 - Imagem e esquema representando o Princípio da Propagação Retilínea da luz no MEGO.....	141
Figura 89 - Construção dos alunos (MEGO).	144
Figura 90 - Construção dos alunos (MEGO).	144

LISTA DE GRÁFICOS

Gráficos Panorâmicos 1 – Atividade Diagnóstica – 1 - Turma A.....	101
Gráficos Panorâmicos 2 – Atividade Diagnóstica 1 – Turma A.....	101
Gráficos Panorâmicos 3 – Atividade Diagnóstica 1 – Turma B.....	103
Gráficos Panorâmicos 4 – Atividade Diagnóstica 1 – Turma B.....	103
Gráfico 5 – Atividade experimental – 1 – Turmas A e B.....	111
Gráficos Panorâmicos 6 – Atividade Diagnóstica 2 – Turma A.....	112
Gráficos Panorâmicos 7 – Atividade Diagnóstica 2 – Turma A.....	112
Gráficos Panorâmicos 8 – Atividade Diagnóstica 2 – Turma B.....	114
Gráficos Panorâmicos 9 – Atividade Diagnóstica 2 – Turma B.....	114
Gráficos Panorâmicos 10 – Atividade de Verificação - 1 Turma A.....	126
Gráficos Panorâmicos 11 – Atividade de Verificação - 1 Turma A.....	126
Gráficos Panorâmicos 12 – Atividade de Verificação - 1 Turma B.....	128
Gráficos Panorâmicos 13 – Atividade de Verificação - 1 Turma B.....	128
Gráficos Panorâmicos 14 – Atividade de Verificação - 2 Turma A.....	126
Gráficos Panorâmicos 15 – Atividade de Verificação - 2 Turma A.....	128
Gráficos Panorâmicos 16 – Atividade de Verificação - 2 Turma B.....	128
Gráficos Panorâmicos 17 – Atividade de Verificação - 2 Turma B.....	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sequência de Aulas aplicada a cada encontro.	84
Quadro 2 - Fala do aluno A.	89
Quadro 3 - Fala do aluno B.	90
Quadro 4 - Fala do aluno C.	91
Quadro 5 - Fala do aluno D.	92
Quadro 6 - Fala do aluno W.	93
Quadro 7 - Fala do aluno X.	94
Quadro 8 - Fala do aluno y.	95
Quadro 9 - Fala do aluno Z.	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação (1).....	97
Tabela 2 - Classificação (2).....	118

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	20
1 SEÇÃO	22
1.1 A INFLUÊNCIA DA CULTURA POPULAR, TRAJETÓRIA ESTUDANTIL E A PESQUISA	22
1.2 “MINHA TRAJETÓRIA DE VIDA E ACADÊMICA: O LUGAR ONDE NASCI, O AMBIENTE CULTURAL (OS AMBIENTES) E EDUCACIONAL E OS PASSOS GRADATIVOS NA VIDA ESTUDANTIL.”	23
1.3 TRAJETÓRIA ESTUDANTIL: ENSINO FUNDAMENTAL-II	27
1.4 TRAJETÓRIA ESTUDANTIL: ENSINO MÉDIO	28
1.5 TRAJETÓRIA ESTUDANTIL: ENSINO SUPERIOR	30
2 SEÇÃO	33
2.1 A BNCC, Os PCNs (RECORTES), REFERENCIAL TEÓRICO E OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS DO DELIZOICOV E ANGOTTI.	33
2.1.1 A BNCC: O Ensino Médio no contexto da Educação Básica.	33
2.2 REFERENCIAL TEÓRICO E OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS DE DELIZOICOV E ANGOTTI.....	35
3 SEÇÃO	40
3.1 PRINCÍPIO DA PROPAGAÇÃO RETILÍNEA DA LUZ.....	40
3.2 REFLEXÃO LUMINOSA E REFRAÇÃO LUMINOSA.....	42
3.3 DEMONSTRAÇÃO DAS LEIS DA REFLEXÃO E REFRAÇÃO PELO PRINCÍPIO DE HUYGENS E FERMAT.	42
3.4 LENTES ESFÉRICAS	49
3.5 CLASSIFICAÇÃO E COMPORTAMENTO ÓPTICO DAS LENTES ESFÉRICAS	49
3.6 ELEMENTOS DAS LENTES ESFÉRICAS	50
3.6.1 Centro óptico ou centro geométrico	50
3.6.2 Foco principal e pontos antiprincipais.....	51
3.7 RAIOS NOTÁVEIS (PROPRIEDADES)	52
3.8 CONSTRUÇÃO GEOMÉTRICA E CARACTERÍSTICAS DAS IMAGENS FORMADAS	53
3.8.1 Lentes esféricas divergentes	53
3.8.2 Lentes convergentes	54
3.8.2.1 Objeto situado antes do ponto antiprincipal objeto (A_o)	54

3.8.2.2 Objeto situado no ponto antiprincipal objeto (A_o).....	54
3.8.2.3 Objeto situado entre o ponto antiprincipal objeto (A_o) e o foco principal objeto (f_o)	55
3.8.2.4 Objeto situado no foco principal objeto (f_o).....	56
3.8.2.5 Objeto situado entre o foco principal objeto (f_o) e o centro óptico (O).....	56
3.9 ESTUDO ANALÍTICO DAS LENTES ESFÉRICAS. EQUAÇÃO DOS PONTOS CONJUGADOS (EQUAÇÃO DE GAUSS).....	57
3.10 ESTUDO ANALÍTICO DAS LENTES ESFÉRICAS. AUMENTO LINEAR TRANSVERSAL.	59
3.11 EQUAÇÃO DOS FABRICANTES DE LENTES OU EQUAÇÃO DE HALLEY	63
3.12 ÓPTICA DA VISÃO	68
3.12.1 Acomodação visual.....	72
3.12.2 Problemas da visão e correção.....	73
3.12.3 Miopia e correção.....	73
3.12.4 Hipermetropia e correção.....	75
3.12.5 Astigmatismo e correção	77
3.12.6 Estrabismo e correção.....	78
3.12.7 Presbiopia e correção.....	79
4 SEÇÃO	81
4.1 PRODUTO EDUCACIONAL: APLICAÇÕES DOS 3MP COM O USO DA UNIDADE DIDÁTICA (UD). 82	
4.2 PERFIL DA ESCOLA E A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL (UD)	84
4.3 QUADRO RESUMO	84
4.4 METODOLOGIA APLICADA A UNIDADE DIDÁTICA (UD)	85
4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA ATIVIDADE DIAGNÓSTICA 1 – TURMA A 101	
4.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA ATIVIDADE DIAGNÓSTICA 1 - TURMA B 103	
3ª parte - Construção da câmara:	106
4.7 ANÁLISE QUALITATIVA DOS RESULTADOS DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL - 1.....	111
4.8 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA ATIVIDADE DIAGNÓSTICA 2 – TURMA A 112	

4.9	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA ATIVIDADE DIAGNÓSTICA 2 – TURMA B	114
4.10	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM (1) - TURMA A	126
4.11	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM (1) - TURMA B	128
5	SEÇÃO	130
5.1	PANORAMA DA PROPOSTA MEGO.....	131
5.2	MANUAL DE CONSTRUÇÃO DO MEGO: PROCEDIMENTOS PASSO A PASSO DA UNIDADE DIDÁTICA (GLOBO OCULAR) – PARTE 1.....	137
5.3	MANUAL DE CONSTRUÇÃO DO MEGO: PROCEDIMENTOS PASSO A PASSO DA UNIDADE DIDÁTICA (CANHÃO DE LUZ) – PARTE 2.....	138
5.4	ORGANIZAÇÃO PARA EXPERIMENTAÇÃO	142
5.5	FEEDBACK DOS ALUNOS COM RELAÇÃO ATIVIDADE EXPERIMENTAL REALIZADA	142
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM (2) - TURMA A.....	147
7	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM (2) - TURMA A.....	149
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	151
	REFERÊNCIAS.....	154
	APÊNDICE A – ATIVIDADE DIAGNÓSTICA 1.....	156
	APÊNDICE B – ATIVIDADE DIAGNÓSTICA 2.....	158
	APÊNDICE C – QUESTÕES DE VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM - 1.....	160
	APÊNDICE D – QUESTÕES DE VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM - 2.....	162
	APÊNDICE E – PRODUTO EDUCACIONAL	164

APRESENTAÇÃO

A dissertação faz parte do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (MNPEF), polo 10 do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Ela foi desenvolvida na escola particular Expansivo Colégio e Curso — Planalto — R. Eng. João Hélio Alves Rocha, 2016 — Planalto, Natal — RN, 59073-070, por apresentar um sistema híbrido de ensino e por fazer parte da instituição como professor da disciplina de Física no Ensino Médio.

O objetivo é elaborar uma Unidade Didática (UD) sobre o conteúdo de óptica geométrica e da visão, de forma prática, por meio de atividades ativas (experimentais, escritas, demonstrações experimentais e simulações: <https://phet.colorado.edu> e <https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>).

Aliadas a (UD), foram elaboradas atividades diagnósticas para avaliar o quanto os alunos têm familiaridade com os conceitos de óptica geométrica e da visão.

Apresenta-se, ainda, a elaboração e o desenvolvimento do produto educacional O MEGO (modelo experimental globo ocular) e sua contribuição para o estudo da óptica geométrica e da visão.

Este trabalho está dividido em quatro seções. Na primeira, intitulada Influência da cultura popular, trajetória estudantil e pesquisa, abordarei aspectos da minha formação como professor e pesquisador deste trabalho, relatando alguns recortes, desde a formação da cultura popular com meus familiares, até a escolar, acadêmica e profissional. Por outro lado, é mencionada a razão pelo qual relato esses recortes e quais são os objetivos que pretendo alcançar.

Na segunda seção, apresentaremos o referencial teórico baseado em pesquisadores, como também nos três momentos pedagógicos do Delizoicov & Angotti (1991), sendo: a Problemática inicial (PI), a Organização do conhecimento (OC) e a Aplicação do conhecimento (AC).

A terceira seção trata-se da fundamentação teórica, do embasamento bibliográfico e da transposição didática alicerçada na geometria, equações e funções matemáticas.

As seções quarta e quinta tratam das aplicações dos 3MP com o uso da unidade didática (UD) e a construção do MEGO. O objetivo é reelaborar os conceitos espontâneos, através da utilização de sequências de ensino investigativas. Dessa

forma, os conceitos, as leis, os princípios e os fenômenos são tratados de maneira clara e objetiva.

A (UD + MEGO) apresentadas nessas duas seções podem incorporar elementos relevantes ao processo de ensino-aprendizagem, pois se inicia com uma etapa de investigação, trabalho cooperativo, construção e verificação de aprendizagens via atividades ativas e diagnósticas, fundamentadas nos 3M (Delizoicov & Angotti).

Ainda com relação a essas seções, serão apresentadas as atividades desenvolvidas (UD + MEGO) e trechos das falas dos alunos, para fundamentar a dissertação.

Sendo assim, (UD + MEGO) é uma proposta que não se limita a fingir funcionar, mas sim aproveita as suas principais qualidades para motivar, desafiar e despertar a curiosidade do aluno.

1 SEÇÃO

1.1 A influência da cultura popular, trajetória estudantil e a pesquisa¹

CORAÇÃO DE ESTUDANTE

Milton Nascimento - Wagner Tiso

Quero falar de uma coisa
Adivinha onde ela anda?
Deve estar dentro do peito
Ou caminhar pelo ar
Pode estar aqui do lado
Bem mais perto que pensamos
A folha da juventude
É o nome certo desse amor
Já podaram seus momentos
Desviaram seu destino
Seu sorriso de menino
Quantas vezes se esconderam
Mas renova-se a esperança
Nova aurora a cada dia
E há que se cuidar do broto
Pra que a vida nos dê flor e fruto
Coração de estudante
E há que se cuidar da vida
E há que se cuidar do mundo
Tomar conta da amizade
Alegria e muito sonho
Espalhados no caminho
Verdes, planta e sentimentos.
Folhas, coração, juventude e fé.

¹ Este capítulo está escrito na primeira pessoa do singular, pois tem a intenção de narrar aspectos do percurso da minha formação quanto professor e pesquisador deste trabalho, relatando alguns recortes desde a formação da cultura popular vivenciada com meus familiares, perpassando para escolar, acadêmica e profissional.

Começo este trabalho usando um texto muito importante. A letra da música de Milton Nascimento — Wagner Tiso, que representa muito na minha trajetória como professor e pesquisador.

Para elaborá-lo, considero as condições e situações que envolveram o desenvolvimento do meu trabalho apresentado aqui. Ao longo de sua elaboração, tenho em mente destacar elementos, que estão relacionados ao tema que planejo desenvolver. Além de analisar este trabalho, vejo-o como um meio de demonstrar as minhas capacidades de realizar e concluir mais uma etapa acadêmica.

Nessa seção, trago informações sobre os aspectos culturais e educacionais minha vida em Natal-RN. Escrevo sobre a minha Trajetória Estudantil, desde a influência cultural popular que tive na família e no bairro de Morro Branco, no Rio Grande do Norte, até a conclusão do Ensino Médio. Além disso, apresentarei a minha Trajetória Profissional e o alinhamento dos conhecimentos teóricos com a prática pedagógica. Faço, também, uma retrospectiva da minha vida acadêmica nos cursos. Matemática — Licenciatura Plena (UnP — Conclusão: 1998). Física— Licenciatura Plena: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN — Conclusão: 2011) e Especialização em Metodologias do Ensino da Física — Universidade Gama Filho (UGF — Conclusão: 2012).

Apesar de ter pensado sobre a minha vida e formação acadêmica, como será demonstrado mais adiante, todo o contexto vivenciado foi e será o início de uma construção, desconstrução e reconstrução gradativa que requer esforço, perseverança, dedicação e aprendizado.

1.2 “Minha trajetória de vida e acadêmica: O lugar onde nasci, o ambiente cultural (os ambientes) e educacional e os passos gradativos na vida estudantil.”

Há quarenta anos, resido em Morro Branco, bairro de Natal-RN. Naquela época, era habitado por pessoas honestas e trabalhadoras. A grande maioria dessas pessoas era servidores públicos, trabalhadores independentes e operários da fábrica Guararapes², que ficava nas proximidades do bairro.

² Localizada entre a avenida Salgado Filho e a avenida Bernardo Vieira, em Natal-RN, hoje Shopping Midway Mall.

Sobre a minha infância, tenho boas e más recordações. As boas eram quando brincava de jogar bola na chuva, roladeiras (carros feitos de latas de leite e óleos de cozinha), pião, bilocas (bolas de gudes), patinetes (carros feitos de madeiras e rolimãs), esconde-esconde, dentre outras. Dessa forma, minha experiência com a Física do dia a dia (movimento, repouso, chuva, raios, flash, arco-íris, rotação, translação, precessão, força, colisões, outras) já havia começado, mesmo que ainda não me desse conta. Os piores momentos foram quando estava doente, pois sofria de asma alérgica. O clima de Natal-RN, e particularmente do bairro onde moro, era e continua sendo excelente, o que favoreceu bastante a minha cura, graças às brisas sopradas do mar (correntes convecções térmicas), que estão por trás dos morros do bairro, onde está umas das praias maravilhosas do Rio Grande do Norte, Barreira D'água, localizada na famosa via costeira, local de hotéis de luxo e turismo atualmente.

Não mencionar o meu bairro e não citar o senhor Leal, dono da bodega (mercearia) que sempre nos surpreendia com perguntas, e, caso houvesse uma boa explicação, não pagaria a conta, são registros marcantes na minha vida. Algumas dessas perguntas ainda não são necessariamente a mesma, mas são bastante próximas, por exemplo:

- Qual é o valor dos nove fora (prova dos nove) da soma $428 + 625$?
- Por que cai chuva do céu e raios? Vocês sabem explicar?
- E como se forma o arco-íris? E o que tem por atrás dele?
- Correndo daqui da mercearia até barreira d'água (via costeira), em quanto tempo vocês chegariam aproximadamente?
- Outras.

Ele incentivava a gravar as perguntas para podermos questionar os familiares e também procurar nos livros. O Sr. Leal era um homem que adorava rir ao ouvir as possíveis respostas das crianças e adolescentes. Passava o tempo lendo e incentivava bastante o estudo e a leitura. Lembro-me de quando ele disse: não tive a oportunidade de cursar a universidade, mas posso assegurar que, se estudarem, todos terão uma vida melhor que a dos pais de vocês.

Outra pessoa envolvida nesse cenário foi o Sr. Manoel (Mané da cacimba), que vendia água da cacimba (poço artesiano), ensinava todos como jogar a lata d'água de forma correta para não amassar, aplicávamos bastante força na hora de puxar a lata

com água e, no momento em que terminava a retirada, dizia: “O trabalho nos prepara para sermos um homem de bem com responsabilidades.

O meu avô Vicente, comerciante (vendia verduras no antigo mercado dá quatro) e mestre em danças folclóricas (pastoril e coco de roda), costumava usar nas vestimentas dos integrantes do grupo "cores fortes". Por sabedoria do dia a dia, sabia que as apresentações pela manhã e à noite apresentavam cores diferentes nas vestimentas devido à incidência de luz.

Não é possível não reconhecer a importância desses personagens notáveis que estiveram presentes sendo fundamentais para a minha formação.

É importante salientar que, nessa época, a educação era baseada no respeito aos mais velhos, pois estes tinham uma maior experiência de vida.

Além disso, na casa de Vô Vicente não havia geladeira. Aparávamos a água da chuva para encher os potes e um tanque (reservatório), pois naquela época a água era boa para o consumo. Não existia televisão, mas havia histórias de Trancoso³, brincadeiras na chuva e de roda, explicações do motivo da formação das chuvas, do arco-íris, dos trovões e raios atribuídos à religião. Além do amor, respeito e aprendizagem, que estão associados ao acúmulo cultural.

A riqueza do aprendizado acima pode ser compreendida pelos versos abaixo de minha autoria.

A vida é uma verdadeira física, pois percorremos trajetórias, tomamos vários referenciais, rotacionamos nos pensamentos e nos esforçamos. Muitas vezes precisamos ficar estáticos, oscilamos nas palavras para ouvirmos uma acústica que nem sempre é muito boa, por isso, refletimos e absorvemos para enxergarmos melhor a óptica do mundo, por um prisma que pode dispersar o espectro em forma de partículas ou simplesmente esperar as radiações que podem ser visíveis ou não.

Silva, Valdécio.

É importante salientar que essas recordações e aprendizados estão presentes até os dias atuais. Com essa reflexão crítica à minha formação escolar, percebo que ela iniciou com a influência desses senhores e, sobretudo, do meu avô, uma vez que eles possuíam um dos maiores saberes, a experiência de vida. Ainda é possível notar que esses homens, nos seus ensinamentos, conseguiram demonstrar conceitos

³ Fantasias criadas pelo meu avô com finalidade de gerar respeito e sabedoria através das suas histórias.

espontâneos, mas físicos, quando se tratava de danças, histórias, questionamentos e experiências vividas.

A cultura do bairro estava ligada à produção de artesanato, danças folclóricas, alfabetização para jovens e idosos, bem como atividades no grupo de Mãe. Isso se deve ao resgate e à valorização das tradições deixadas pelos nossos antepassados.

Nos anos 80, houve um grande crescimento, com a chegada de supermercados, lojas de peças, entre outros, o que permitiu incentivos imobiliários e a criação de novos empregos.

O conselho comunitário do nosso bairro teve um papel crucial nas décadas de 1990 a 2000, estando ligado à atividade sociocultural, buscando e valorizando os princípios fundamentais da educação. No período, eram desenvolvidos diversos tipos de atividades, como: culinária nordestina, danças e aula de reforço.

Tive a primeira experiência como monitor da disciplina de Matemática, de tal forma que pude ver de perto as dificuldades de um grupo de pessoas que, na época, era mais velho que eu. O processo de aceitação de um adolescente tentando ajudar com as contas de aritmética foi muito difícil, mas, com o tempo, eles me permitiram, pois perceberam que minha intenção era contribuir de alguma forma com o aprendizado deles.

Colaborando com o descrito acima, Abrahão, M. H. M. B. (2012) relata que a pesquisa autobiográfica com foco nas narrativas é um elemento que estrutura a coleta de dados, assim como as recordações são elementos fundamentais de pesquisas dessa natureza. Após a sua explicação, (PASSEGGI, 2014) afirma:

A memória do narrador (reconstrutora do sentido de suas experiências) e os instrumentos de análise e interpretação do pesquisador são elementos que se sobrepõem e se complementam para uma melhor compreensão das dimensões da realidade investigada, tanto da perspectiva pessoal/social do narrador, como perspectiva contextual da qual a individualidade é produto/produtora.

Carrilho (2007) destaca a importância de o professor formador trabalhar com as histórias de vida nos memoriais. Isso o habilita a assistir aos principais eventos da educação, o que lhe dá a oportunidade de refletir e, conseqüentemente, de modificar a forma como se define e se constitui como profissional.

Dessa forma, citar a cultura do meu bairro nesta dissertação, e as diversas formas de aprendizado e culturas que pude presenciar, vivenciar e aprender, foram

de grande crescimento na minha formação gradativa e progressiva como professor educador.

1.3 Trajetória estudantil: Ensino Fundamental-II

Esse período foi de grandes transformações para minha vida, pois fui estudar numa escola de referência mantida pela Fábrica Guararapes. A obtenção de uma vaga era bastante difícil, pois as vagas eram, em primeiro lugar, destinadas aos filhos dos funcionários e as outras para a população. Dado que o meu tio trabalhava na fábrica, isso tornou o meu acesso à escola mais fácil.

Na primeira série do primeiro grau, hoje segundo ano do Ensino Fundamental I, tive a oportunidade de estudar com a Tia Valdete, uma professora extraordinária e excelente. Ela é, e sempre será, a professora encantadora que eu sempre falarei, por conseguir despertar o gosto pela leitura e pela matemática. Nos anos seguintes, não tive tantos problemas para ser promovido para novas séries. Deixo registrado também meus agradecimentos aos outros Professores por contribuírem também para minha formação como estudante e cidadão. Nas séries seguintes, tive diversos professores que incentivavam a realização de seminários, dramatizações, entre outros.

A feira de Ciência promovida pela escola era um marco e um marco para os alunos, pois todos queriam mostrar as suas produções desenvolvidas nos três primeiros bimestres. Tenho uma recordação nítida, como se fosse recente, de alguns trabalhos que fiz com um colega, como: vulcões, disco de Newton e fonte de Heron.

A escola seguia um padrão de regras éticas (regras, obediência, respeito aos funcionários, colegas, etc.), a disciplina era a base principal da escola.

Nos anos seguintes, fui convidado pela professora de Ciências e Matemática para ajudá-los nas atividades em grupo durante as aulas, tornando-me monitor de Ciências e Matemática, o que, conseqüentemente, aumentou o gosto por essas disciplinas, melhorando meu repertório de conhecimento, bem como, o senso de responsabilidade em estudar mais e mais para desempenhar da melhor forma possível o papel designado e depositado pelos professores.

1.4 Trajetória estudantil: Ensino Médio

Concluí o Ensino Médio em três escolas, tendo começado na Escola Estadual Professor Anísio Teixeira. Em seguida, estudei em duas escolas privadas, o Hipócrates Colégio e Curso e o Colégio Objetivo Natal.

Quando comecei a estudar na Escola Estadual Professor Anísio Teixeira em 1989, percebi que estava enfrentando uma realidade totalmente diferente daquela que conhecia. Tinha familiaridade com a disciplina (hora de entrar, hora de sair, respeito aos professores, funcionários, colegas, registros, agendas), mas a realidade que estava vivendo naquele momento era muito diferente (alunos fora da sala, professores faltando, etc.), havia poucas cobranças da escola, além de professores totalmente desestimulados, o que interfere diretamente no aprendizado e no desinteresse dos estudantes.

A escola tinha um bom espaço de laboratório, mas poucos experimentos e poucas aulas no local. Quando havia aula no laboratório, era possível notar um maior envolvimento dos alunos, grande participação, bem como poucos ausentes.

Durante minha breve passagem por essa escola, tive a oportunidade de ajudar o professor de Física (Dantas) nas correções dos exercícios (fixação e propostos) para a turma, nas aulas vagas ou na ausência de algum professor. A oportunidade que ele me proporcionou resultou em um desconto de 50% numa instituição privada no ano seguinte. Ele percebeu em mim o quanto poderia melhorar e me indicou para o Colégio e Curso Hipócrates. Aqui registro a minha gratidão.

No ano de 1990, estudei o segundo ano do Ensino Médio no Colégio e Curso Hipócrates. Tive a oportunidade de conhecer o professor Carlos, que fazia gincanas e jogos de matemática, uma tática bastante eficaz para atrair os estudantes para a disciplina e, dessa forma, prepará-los para os concursos. Na primeira aula, fiquei bastante motivado ao ouvir

— Tudo o que nos cerca, caros alunos, é resultado da acumulação de Matemática durante os anos e posso provar, basta perguntarem.

Fiquei refletindo:

— Professor, você explicará nada? Isto é apenas uma forma de dizer que a matemática é a melhor matéria na sua opinião. No entanto, para minha surpresa, ele sempre dava um jeito de responder às perguntas que eu fazia. Fiquei entusiasmado

com a forma clara e original de ensinar o conteúdo, a didática era ótima, a organização no quadro-negro era perfeita, tanto que falei para ele:

— Professor, gostaria de ser o monitor de Matemática.

— Ele disse que os estudantes selecionados para a monitoria devem sentar nas primeiras carteiras, fazer as tarefas de casa e da sala de aula, ser proativos e ter notas superiores à média. Dos quarenta alunos da classe, eu e mais um foram selecionados para serem monitores. Esses critérios foram essenciais para o meu desenvolvimento. Nesse ano, passei a dar aulas particulares para os colegas nas suas residências, o que me ajudou bastante na questão financeira, para poder comprar livros, pagar minhas passagens e ajudar com as despesas com a família. Alguns dos livros de Física daquela época costumavam abordar o tema da Óptica Geométrica nas últimas páginas. Isso impedia os professores de dar o devido valor ao tema, uma vez que a duração do quarto bimestre era reduzida. Alguns dos alunos da turma tinham dificuldades para compreender e interpretar os conceitos, ligados aos exercícios que, na maioria das vezes, eram extraídos de provas. Tive a oportunidade de dedicar um tempo maior a esse tema para acrescentar conhecimento, bem como captar mais colegas para as aulas de reforço. Naquela época, havia apenas uma única recuperação no final do quarto bimestre, que explorava praticamente todo o conteúdo. Para o conteúdo de Óptica de geométrica, precisei adquirir livros que me possibilitassem uma melhor compreensão para poder passar aos colegas do reforço. Dado que os livros eram caros, procurei uma opção nos sebos. Os livros que utilizei para elaborar sínteses, resumos e resoluções de exercícios já precisavam de reformulações na época, dentre eles: — Fundamentos da Física — Ed. Moderna, v.2; ed.1981. Atual; v.2; ed.1984, — Alicerces da Física — Ed. Saraiva, v.2; ed. 1988 e Física volume 2 — Ed. Scipione — ed.1988. Ademais, eles apresentavam poucas ou até nenhuma atividade experimental simples para conectar uma melhor compreensão do conteúdo, mas, para a proposta apresentada pelo ensino da época, que era deter o máximo possível do formalismo matemático e aplicar os exercícios propostos, esses livros davam subsídios suficientes para trabalhar nesse contexto.

Em 1991, completei o Ensino Médio no Colégio e Curso Objetivo - Natal, tendo concorrido a uma bolsa de estudos e recebido 50% de desconto nas mensalidades e no material didático (livros, cadernos, apostilas) da escola. Dado que a escola era uma das instituições que se sobressaía nas aprovações para o vestibular, conversei com os meus pais e eles, com bastante esforço financeiro, matricularam-me nessa nova

escola. Naquela época, a instituição já dispunha de laboratórios de qualidade, oficinas de: português, redação, biologia, química, matemática e física. Devido ao bom desempenho nas duas últimas disciplinas, fui convidado para ser monitor pelo Professor Paulo, onde recebi mais um desconto na mensalidade. Nesse período, procurei novas formas de aprendizado, auxiliando o professor no laboratório de Ciências com experiências simples, assim como no estudo individualizado com os colegas de classe. Dessa forma, acredito que isso ajuda a melhorar o desempenho dos colegas que tinham dificuldades nessas disciplinas.

Poderia passar um bom tempo relatando diversas experiências que vivenciei no meu último ano do Ensino Médio. Mas, vou finalizar dizendo que fiz grandes conquistas e amizades duradouras tanto com os professores quanto com os colegas de sala.

Após o ensino médio, consegui um emprego numa afiliada da rede globo e o sonho da universidade foi ficando para trás. Nesse período, tive contato com diversos equipamentos e instrumentos, dentre eles: osciladores de frequências de canais, parabólicas, receptores e decodificadores. A Física, mais uma vez, estava presente, em particular no estudo da Óptica.

1.5 Trajetória estudantil: Ensino Superior

Em 1995, havia sido encerrado o prazo para as inscrições para o vestibular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), e um colega comentou que a UnP (Universidade Potiguar) havia aberto o Curso de Matemática Licenciatura.

Fiquei interessado e prestei o vestibular e, para minha felicidade, consegui ingressar. Foram quatro anos de aprendizado e troca de experiências.

Durante a minha estadia como aluno na Universidade Potiguar (UnP), tive a oportunidade de conhecer o Professor Jerônimo, responsável pelas disciplinas de Física Básica (1, 2 e 3) e pelo laboratório de Física, onde pude ajudá-lo nas montagens dos experimentos, organização das bancadas, como também nas resoluções dos exercícios dos livros de física volumes: 1, 2 e 3 - Halliday Resnick 4.^a edição.

No laboratório tive tempo para estudar, experimentar, praticar e voltar a sonhar em ser professor de Matemática e de Física.

As aulas do laboratório não foram suficientes para todas as minhas perspectivas, sobretudo em Laboratório de Óptica e Ondas, pois seguíamos um

roteiro que, diversas vezes, foi preciso retificar ou até mesmo substituir por uma nova prática experimental, o que gerou poucas condições de aproveitamento e de interesse para a turma.

Em 1998, com muito esforço e dedicação, chega à conclusão do Curso de Licenciatura em Matemática. Saliento, ainda, que poderia descrever diversas experiências, como tristezas e alegrias, mas finalizarei dizendo que sou bastante grato pelo empenho dos professores e pelo conhecimento adquirido ao longo dos quatro anos.

Em 2007, prossegui para Física Licenciatura na UFRN e fui classificado, onde segui mais quatro anos de muito estudo e dedicação. Dado que estava afastado da universidade há mais de nove anos, os dois primeiros anos foram bastante difíceis, pois precisaria retomar o ritmo de estudos novamente. Na UFRN, fiz grandes amizades tanto com os colegas de classe quanto com alguns professores.

Na graduação, as aulas de Óptica e Ondas não correspondiam de forma completa às minhas perspectivas como aluno, pois era mediada de forma mecânica e conteudista, sem vínculo com situações do dia a dia. As práticas experimentais incluíam cópias de roteiros e exercícios complexos com diferentes níveis de complexidade.

O roteiro e a prática experimental não forneciam base para compreender e resolver os exercícios, gerando dúvidas, dúvidas e, muitas vezes, desestímulo por não conseguir avançar devido ao grau de dificuldades das questões.

Durante a graduação, participei de uma oficina de física, ministrada pelos professores Marcilio Colombo e José Ferreira, cujo tema foi: atividades Experimentais de fácil acesso. Dessa maneira, o desejo de ensinar física de forma clara e significativa reacendeu-se, gerando a expectativa de criar algo relevante para o ensino dos alunos. Assim, surgiu a ideia do MEGO, que despertou em mim um olhar diferente para o Ensino da Óptica Geométrica e da Visão. Nesse momento, surge à minha mente uma reflexão de Guimarães Rosa que diz: "Mestre não é aquele que sempre ensina, mas quem, repentinamente, aprende".

Em 2011, após terminar o curso de Física, prossegui com os estudos para concluir a pós-graduação lato sensu em Metodologias de Ensino de Física, que havia começado em 2009, ofertada pela (UGF). No início, não levei muito a sério, pois estava acostumado a um ensino presencial, com o professor dando aulas de forma lenta, e a modalidade de ensino era remota. Todavia, para minha surpresa, a forma e

a condução das aulas foram maravilhosas, pois os tutores conseguiam criar expectativas nos fóruns, fazendo com que os alunos participassem de forma ativa.

Entretanto, o que diferencia essa modalidade de ensino são os debates e as discussões que surgiram nos fóruns de discussão. Outros pontos fortes dessa modalidade de educação foram os seguintes temas: "Pedagogia educacional I", "Temas atuais da educação", "Construção do conhecimento na educação", "Movimento pedagógico", "Temas do ensino de física", "Histórias de epistemologia do conhecimento físico e contextualização prática docente", "Recursos didáticos do ensino de física" e "Física e as novas tecnologias". Houve uma diversidade cultural, atrelada aos conhecimentos dos professores de vários estados, como também uma contribuição na forma como trabalhávamos com os nossos alunos.

A Pós-graduação foi relevante para todos os que cursaram, pois nos permitiam refletir sobre a prática de cada um ali presente, mesmo que de forma online.

Logo, todas essas instituições acrescentaram conhecimentos ao meu currículo como aluno e professor e aqui deixo os meus sinceros agradecimentos.

2 SEÇÃO

2.1 A BNCC, Os PCNs (recortes), referencial teórico e os três momentos pedagógicos do Delizoicov e Angotti.

2.1.1 A BNCC: O Ensino Médio no contexto da Educação Básica.

A Base Nacional Comum Curricular — BNCC (Brasil 2018), apresenta dez competências gerais que devem ser desenvolvidas desde a educação infantil até o ensino médio. A BNCC é um documento que define as diretrizes fundamentais da educação básica brasileira. Ela acredita que a educação deve desenvolver os alunos de forma global, para que possam ajudar a criar uma sociedade igualitária, ética e sustentável.

Dessa maneira, as escolas deixarão de ser apenas repositórios de conteúdo, mas também ajudarão o aluno a lidar com problemas emocionais, culturais, tecnológicos, agroambientais, responsabilidade, criatividade, etc.

A Base Nacional Comum Curricular — BNCC (Brasil 2018), estabelece que o Ensino Médio deve ser uma continuidade do que é proposto para a Educação Infantil e o Ensino Fundamental, focado no desenvolvimento de competências⁴ e guiado pelo princípio da educação integral.

[...], competências gerais estabelecidas para a Educação Básica orientam tanto as aprendizagens essenciais a ser garantidas no âmbito da BNCC do Ensino Médio quanto os itinerários formativos a ser ofertados pelos diferentes sistemas, redes e escolas. (Brasil, 2018, p.468)

No documento⁵ BNCC (Brasil 2018), são apresentadas capacidades específicas para cada área do conhecimento, o que também direciona a elaboração dos itinerários de formação pertinentes a essas áreas.

⁴ Na Base Nacional Comum Curricular, a competência é definida como a utilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver problemas complexos do dia a dia, para o exercício pleno da cidadania e para o mundo do trabalho.

⁵ A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento que estabelece de forma organizada e progressiva as aprendizagens indispensáveis que todos os estudantes devem adquirir ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica.

Elas estão articuladas às competências específicas de área para o Ensino Fundamental, com as adequações necessárias ao atendimento das especificidades de formação dos estudantes do Ensino Médio. Relacionadas a cada uma dessas competências, são descritas habilidades a ser desenvolvidas ao longo da etapa, [...]. (Brasil, 2018, p.469)

Como bem nos assegura a BNCC (Brasil 2018), está organizada por quatro áreas do conhecimento, a seguir listadas: Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Como está determinado no artigo 35-A da LDB. Além disso, essa organização deve relacionar as áreas do conhecimento, bem como atribuir significados aos conceitos e conteúdos vistos durante o processo escolar.

A área de Ciências da Natureza, no Ensino Fundamental, de acordo com a BNCC (Brasil 2018), oferece aos estudantes a oportunidade de compreenderem conceitos fundamentais e estruturas explicativas relativas à área, analisarem características, fenômenos e processos do mundo natural e tecnológico, além de aprenderem sobre cuidados pessoais e o compromisso com a sustentabilidade e a defesa do ambiente.

Em relação ao Ensino Médio, sugere-se que os estudantes desenvolvam e utilizem os conhecimentos típicos da área para argumentar, propor soluções e lidar com desafios locais e/ou globais, que dizem respeito às condições de vida e ao ambiente (Brasil, 2018, p.469). Dessa maneira, o conjunto de competências específicas e habilidades para o Ensino Médio corrobora as competências gerais da Educação Básica, e tem em vista auxiliar os sistemas de ensino e as escolas a elaborarem currículos e propostas pedagógicas diversificados (Brasil, 2018, p.471).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000) apontam que o currículo deve ser elaborado de modo a contemplar a vida humana em sociedade, a atividade produtiva e a experiência subjetiva. Além disso, consideram as três áreas de estudo do ensino médio fundamentadas nas quatro premissas da UNESCO, como: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser. As Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias são, dentre elas, as que se destacam, pois têm como fundamento a reunião de conhecimentos que compartilham objetos de estudo e se aproximam numa perspectiva interdisciplinar (BRASIL, 2000).

De acordo com os PCN (BRASIL, 2000), as competências nas disciplinas de Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias estão vinculadas à obtenção de

conhecimento de Física, Química, Biologia e Matemática. Das doze habilidades e competências em Ciências da Natureza, consideramos relevantes duas para o desenvolvimento da unidade didática para o ensino de Física:

[...] entender e aplicar métodos e procedimentos próprios das Ciências Naturais; identificar variáveis relevantes e selecionar os procedimentos necessários para produção, análise e interpretação de resultados de processos ou experimentos científicos e tecnológicos [...]. (BRASIL, 2000, p. 95).

Sendo assim, a UD pode aprimorar, incentivar e/ou melhorar as capacidades dos alunos, desenvolvendo as competências e as habilidades, de acordo com o que é recomendado pela Base Nacional Comum Curricular e os PCN.

2.2 Referencial teórico e os três momentos pedagógicos de delizoicov e angotti.

A necessidade de reformas educacionais para o Ensino de Ciência, particularmente o Ensino de Física, tem sido cada vez mais evidente entre os educadores dessa área. No entanto, isso não é uma inquietude que surgiu recentemente. A física foi introduzida no Brasil durante o período colonial, com os jesuítas a lecionando nos níveis secundário e superior. Na época do império, a disciplina de física era vista no quinto ano do ensino secundário, com apenas 20% das horas de estudo direcionadas para a área de matemática e ciências. O direito à educação surge pela primeira na constituição de 1934, no período da república. Houve um aumento de 27,3% na carga horária de ciências e matemática, seguido por um novo aumento para 33,3% após a revolução de 1930. Gradativamente, foi ocorrendo um reconhecimento quanto à importância dessa área curricular no ensino secundário (PILETTI, 1989).

Ao longo dos anos, várias propostas para melhorar o ensino de Física têm sido discutidas. Dentre elas: Alves Filho, Jose de Pinho. "Atividades experimentais: do método à prática construtivista." GIRCOREANO, José Paulo. "O Ensino da Óptica e as Concepções sobre Luz e Visão." 1998. Tese de Doutorado. Dissertação. Outras.

Como veremos adiante, pesquisadores da área de Ensino de Ciências defendem o uso de atividades experimentais para motivar a participação ativa, despertar a curiosidade e propiciar o protagonismo dos alunos, nos quais opinam,

discutem, criam laços de cooperação e reelaboram conceitos sobre os fenômenos observados.

Como afirma Carvalho (1999, p.151), essas atividades "estimulam o aluno a se envolver no seu próprio processo de aprendizado, ao invés de permanecer numa postura passiva, e começar a perceber e intervir sobre o objeto de estudo". Dessa forma, o trabalho que se baseia em atividades experimentais realça a importância da pesquisa e pode guiar os aprendizes à junção da teoria com a prática. Além de ajudar a resolver problemas, permitem a construção de conhecimento e a sua relação com o dia a dia.

Do mesmo modo, a utilização de atividades experimentais favorece o processo de aprender a aprender, uma vez que auxilia no preenchimento de possíveis lacunas de aprendizagens que surgem da reconstrução dos conceitos espontâneos. Sendo assim, torna o conceito científico compreendido e reelaborado durante o processo mais relevante.

Alves Pinho (2001) aponta que usar a transposição didática⁶ (TD) é situar o conhecimento e usar o laboratório como uma ferramenta para caracterizar o método experimental como seu objeto de ensino. Nesse sentido, a atividade experimental:

Deve ser entendida como objeto didático, produto de uma Transposição Didática de concepção construtivista da experimentação e do método experimental, e não mais um objeto a ensinar. Como objeto didático, sua estrutura deve agregar características de versatilidade, de modo a permitir que seu papel mediador se apresente em qualquer tempo e nos mais diferentes momentos do diálogo sobre o saber no processo de ensino-aprendizagem. (Alves, 2000, p.262)

Dessa forma, Borges (2002) aponta a relevância e o significado que os professores atribuem à aula prática, pois ela quebra a rotina de sala, tirando o aprendiz de um possível espaço de passividade. Gircoreano e Pacca (2001) expressam uma ideia semelhante ao afirmar que:

O desenvolvimento das atividades sugeridas tem implicações importantes e significativas sobre o processo de ensino. A aula em si adquire uma dinâmica muito diferente da tradicional aula expositiva, abrindo a possibilidade para uma participação realmente ativa dos alunos no processo de ensino. O aluno

⁶ A transposição didática do conhecimento, conforme Alves Pinho (2000), é a conversão do conhecimento produtivo para o ensino do ponto de vista social.

tem chance de se manifestar, de comparar as suas ideias (e de seus colegas) com os conceitos que o professor apresenta e verificar sua ocorrência (ou não) numa situação prática (GIRCOREANO, J. P. e PACCA, J. L. A., 2001, p.38).

De acordo com Fonseca (2015), em sua dissertação, o laboratório de física colocado em prática no espaço envolvente das simulações propicia possibilidades de interação, além de ser mais um dos muitos recursos disponíveis para uso em sala de aula. Corroborando com sua explicação, (Lopes *et. al.*, 2009) diz:

Dentre os diversos usos do computador como recurso didático, a simulação ou modelagem é uma atividade que permite uma maior interatividade dos alunos com um determinado modelo físico. No ensino de Física tem, dentre outros, o objetivo de ilustrar e questionar o aluno sobre conceitos e modelos físicos. Assim, a modelagem computacional constitui um recurso didático no ensino de Física de atualização e enriquecimento das atividades de ensino (LOPES *et. al.*, 2009).

Já Silva Júnior (2010), na sua dissertação, menciona que, na sua prática como professor de Física no Ensino Médio, o seu objetivo era diminuir a insatisfação da comunidade escolar. Dessa forma, passou a usar metodologias ativas e distintas nas suas aulas. O relatório, requisito nas aulas práticas, foi sendo deixado de lado aos poucos para dar prioridade à liberdade de expressão dos alunos, envolvendo-os como participantes, relacionando a teoria à prática de forma não mais dissociada.

[...] atividades investigativas associadas aos experimentos, permitindo a discussão dos resultados, incentivando a participação dos alunos na construção do conhecimento desejado, utilizando equipamentos fáceis de serem obtidos e transportados, uma abordagem dialógica de intensa comparação entre a teoria e os resultados experimentais. (Silva Júnior, 2010, p.15)

De acordo com Borges (1997), Miguens e Garrett (1991) sustentam que atividades práticas podem provocar uma alteração relevante, despertando a curiosidade dos alunos, fazendo-os questionar o que é desconhecido, estimulando o espírito investigativo e criativo. Isso os leva a buscarem justificativas lógicas e razoáveis para determinados eventos, o que os torna críticos, julgadores e, assim, tomam decisões fundamentadas em critérios, objetivos e se sentem mais estimulados, tornando o aprendizado mais produtivo.

... as atividades do conteúdo de ensino devem suscitar questionamento capaz de provocar “rupturas” no saber cotidiano que o aluno traz (saber imediato) pela contradição que se estabelece entre saber cotidiano e o saber científico trabalhado; promover a superação do saber imediato, na direção do saber científico pretendido (saber mediato) e possibilitar a elaboração de sínteses (o saber aprendido). (ARNONI apud ARNONI, KOIKE, BORGES (2003, p.286)

Valadares (1999) demonstra que, ao incluir protótipos e experimentos simples nas suas aulas, incentiva os alunos a serem mais empreendedores e a ultrapassarem a passividade que é, de certa forma, imposta pelos esquemas tradicionais de ensino.

... é a construção do conhecimento pelos alunos e para os alunos, no qual o papel do professor seja essencialmente o de um facilitador do processo pedagógico. Para tanto, ele deve ser capaz de gerar um ambiente favorável ao trabalho em equipe e à manifestação da criatividade dos seus alunos por intermédio de pequenos desafios que permitam avanços graduais. É de se esperar que tais mudanças levem algum tempo. [...]. Os projetos que temos priorizado utilizam basicamente materiais reciclados e de baixo custo. (VALADARES, E.C, p.23)

De outra forma, atividades experimentais têm sido importantes nos estudos e pesquisas sobre Ensino de Física, bem como em publicações especializadas, como: CBEF — Caderno Brasileiro de Ensino de Física, CCEF — Caderno Catarinense de Ensino de Física e RBEF — Revista Brasileira de Ensino de Física.

A flexibilidade na apresentação dos conteúdos, aos quais o Ensino de Ciências está organizada nas escolas, é importante, pois o estudo somente do livro, por exemplo, fragmenta o saber e, muitas vezes, torna-o sem sentido e irrelevante para os alunos. A formação acadêmica da maioria dos professores atuantes no cenário educacional atual decorreu de uma escola que dividia o conhecimento em compartimentos, enfatizava o aprendizado de informações, mas nem sempre proporcionava a relação com aquilo que o aluno já tinha conhecimento ou vivenciava. Dessa forma, como educadores de Ensino de Física, precisamos favorecer uma didática que proporcione aos alunos os recursos para compreenderem e intervirem no mundo que os rodeia.

Sendo assim, os Três Momentos Pedagógicos (3MP) (Problematização Inicial — PI, Organização do Conhecimento — OC e Aplicação do Conhecimento — AC) de Delizoicov & Angotti (1991) foram usados como fundamento para as estratégias que direcionaram o desenvolvimento desse trabalho acadêmico. Nas problematizações propostas por intermédio das atividades diversificadas ligadas ao estudo da Óptica

geométrica e da visão, foram introduzidas abordagens significativas mediante as contextualizações por fomentações. Essas problematizações, foram examinadas nos 3MP como problematização inicial (PI), na qual desencadeou a organização do conhecimento (OC) e a aplicação do conhecimento (AC).

De maneira semelhante ao que foi apresentado acima, a unidade didática (Modelo experimental Globo Ocular — MEGO) tem como objetivo contribuir para que o processo de ensino-aprendizagem seja claro e significativo, estabelecendo conexões entre o estudo da óptica, os conhecimentos prévios do aluno e a reelaboração desses na medição do professor.

3 SEÇÃO

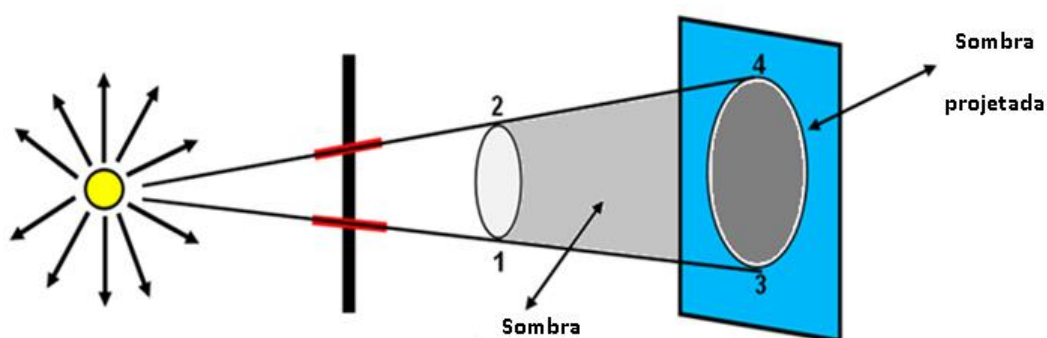
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Durante as discussões e análises sobre o produto educacional MEGO, serão apresentados conceitos fundamentais sobre: a propagação retilínea da luz, reflexão, refração, principalmente lentes esféricas e óptica da visão, de tal forma que o conteúdo programático seja a base para fundamentar as aulas com o MEGO. Dessa forma, seguem os conteúdos norteadores sobre o assunto.

3.1 Princípio da propagação retilínea da luz

De acordo com o livro Fundamentos da Física 10ª Edição, Óptica e Física Moderna do Halliday e Resnick, o princípio da propagação retilínea da luz é uma boa aproximação para o entendimento de como a luz se propaga em linha reta (ver figuras 1 e 2), já que as ondas luminosas se espalham ao se afastar de uma fonte luminosa.

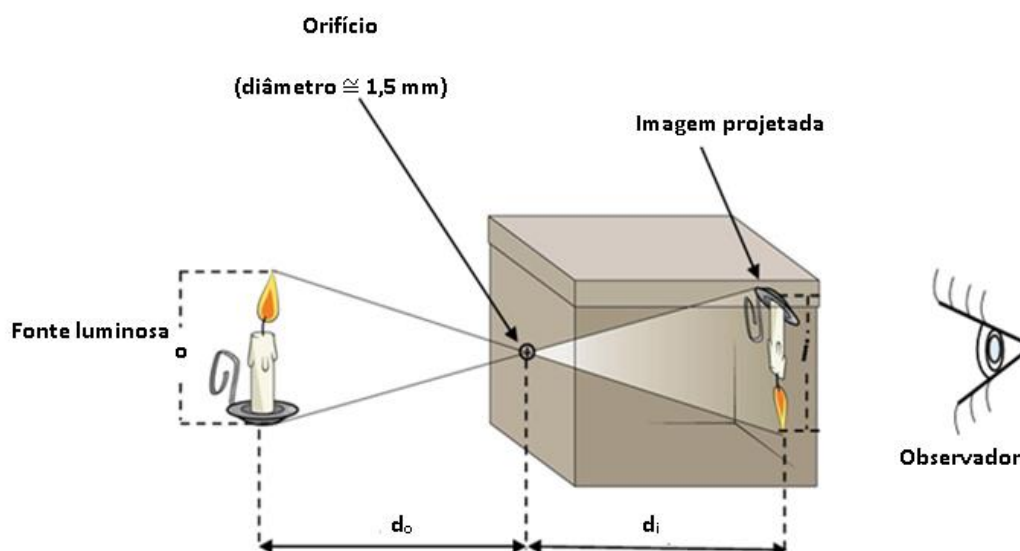
Figura 1 - Fonte de luz primária e projeção de sombra.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

É importante notar que, uma vez que a sombra de um corpo é idêntica ao corpo, a luz se propaga em linha reta no meio considerado. Mais adiante, logo de início, ao se cumprir a tarefa proposta, ao se examinar a caixa (câmara escura), é possível notar o princípio da propagação retilínea da luz. Segue abaixo uma representação esquemática.

Figura 2 - Estudo analítico da câmara escura.



Fonte: Adaptado de brainly. Disponível em: <https://brainly.com.br/tarefa/28568453>

Em relação à representação esquemática acima, considere que apenas os dois raios que estão sendo emitidos pela fonte luminosa (vela), atravessam o orifício O, projetando uma imagem semelhante invertida e de mesma forma e cor do objeto. Por outro lado, podemos perceber que os triângulos formados são semelhantes. Sendo assim, temos: $\frac{o}{i} = \frac{d_o}{d_i}$.

É importante frisar que, para uma câmara escura e uma fonte luminosa específicas, os comprimentos d_i (profundidade da câmara) e o (comprimento da fonte luminosa) não se alteram, ou seja, são constantes. Por isso, podemos afirmar que, nesse caso, i (comprimento da figura projetada) é inversamente proporcional à distância d_o da fonte luminosa à parte frontal da câmara. Por exemplo, quadruplicarmos d_o , i diminuirá à quarta parte.

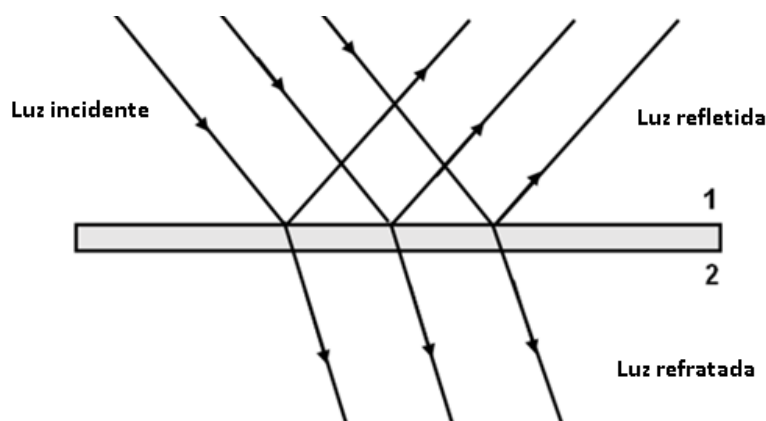
Note também que para se obter uma melhor nitidez da imagem formada o diâmetro não pode ser maior que 2,0 mm.

Uma outra forma de evidenciar o princípio da propagação retilínea da luz, pode ser demonstrada com a construção do MEGO, na formação da imagem real projetada no anteparo (retina), como veremos adiante.

3.2 Reflexão luminosa e refração luminosa

Considere os dois meios de separação 1 e 2, conforme mostrado na figura 3 a seguir. A reflexão é o fenômeno que ocorre quando a luz retorna ao seu meio de origem (1) após atingir uma superfície que separa este meio (1) de outro (2). Outro fenômeno, demonstrado na figura 2, é a refração, que se dá quando o raio incidente muda de meio, de 1 para 2, conseqüentemente alterando sua velocidade de propagação. Observe que, na reflexão de luz, todas as características (velocidade, comprimento de onda e frequência) permanecem inalteradas. Entretanto, na refração a velocidade e o comprimento de onda se altera proporcionalmente, pois $v = \lambda \cdot f$, permanecendo constante a frequência, fato que é observado não apenas para ondas luminosas, mas para qualquer tipo de onda.

Figura 3 - Reflexão e refração luminosa.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

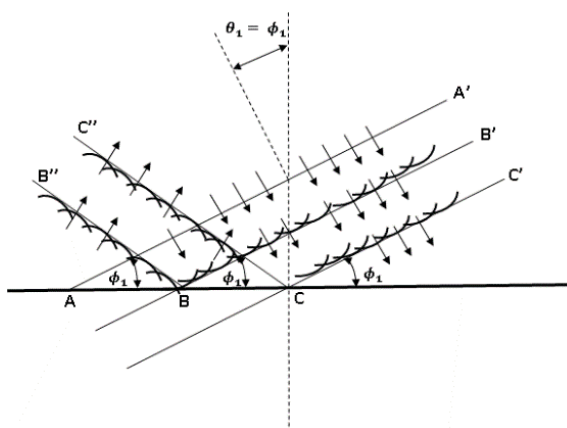
3.3 Demonstração das leis da reflexão e refração pelo princípio de Huygens e Fermat.

Segundo o livro Física para Cientistas e Engenheiros, 6ª Edição, vol. 2, de Paul A. Tipler — Gene Mosca, as leis de reflexão e refração podem ser demonstradas a partir do princípio de Huygens e de Fermat, como demonstrado abaixo.

Primeiramente, proponho considerarmos uma frente de onda plana AA' incidindo em espelho no ponto A. Veja que, o ângulo (ϕ_1) formado entre a frente de onda e o espelho é igual ao ângulo de incidência (θ_1), entre a normal ao espelho e os

raios perpendiculares. A construção geométrica de Huygens afirma que cada ponto de uma frente de onda pode ser considerado uma fonte de onda secundária. Dessa forma, a posição da frente de onda é determinada após um certo tempo (t), criando as ondas secundárias de raio (ct), com seus centros na frente de onda AA' . Dessa forma, as outras ondas seguem a mesma construção geométrica, como mostrado na figura 4.

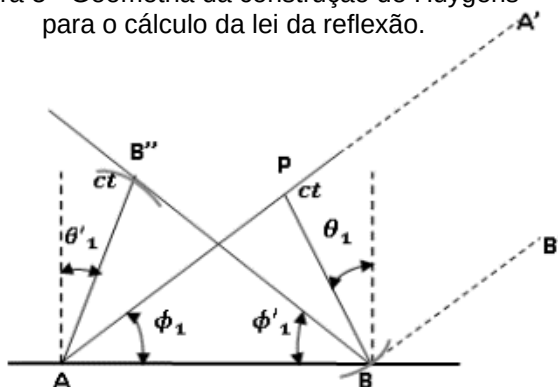
Figura 4 - Onda plana refletida em um espelho plano.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Outra maneira de compreender a construção acima pode ser obtida através de uma ampliação de uma parte da figura 5, como é possível ver na figura 6, mostrando que AP é a posição inicial da frente de onda. Observe que os triângulos $AB''B$ e APB são triângulos retos, tendo um lado em comum AB e outros lados iguais $AB'' = BP = ct$. Sendo assim, são triângulos congruentes, e os ângulos (ϕ_1) e (ϕ'_1) são iguais, o que significa que o ângulo de incidência (θ_1) é igual ao ângulo de reflexão (θ'_1) . Veja:

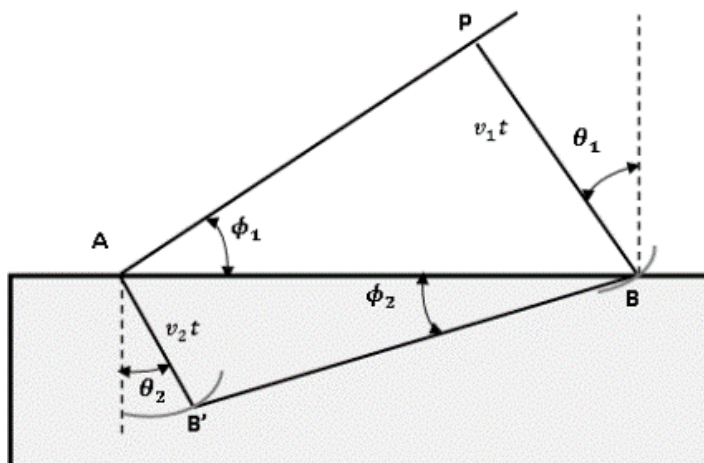
Figura 5 - Geometria da construção de Huygens para o cálculo da lei da reflexão.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

A figura 6, demonstra a refração de uma onda plana que incide em uma interface ar-vidro.

Figura 6 - Aplicação do princípio de Huygens para a refração de ondas planas na superfície de separação de um meio.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Aplicaremos a construção de Huygens para determinar a frente de onda da onda que se propaga. A linha AP indica a porção da frente de onda no meio 1 que se choca na superfície do vidro em um ângulo (ϕ_1). No tempo (t), a onda secundária P de viaja a distância ($v_1 t$) e atinge o ponto B na linha AB que separa os dois meios, enquanto a secundária do ponto A viaja à uma distância menor ($v_2 t$) no segundo meio.

Vamos aplicar a construção de Huygens para determinar a frente de onda da onda transmitida. A linha AP indica a porção da frente de onda no meio 1 que incide na superfície do vidro em um ângulo (ϕ_1). No tempo (t), a onda secundária de P viaja a distância ($v_1 t$) e atinge o ponto B na linha AB que separa os dois meios, enquanto a secundária do ponto A viaja à uma distância menor ($v_2 t$) no segundo meio. A nova frente de onda BB' não é paralela à frente de onda original AP porque as velocidades v_1 e v_2 são diferentes. Do triângulo APB , temos:

$$\text{sen } \phi_1 = \frac{v_1 t}{AB}$$

ou

$$AB = \frac{v_1 t}{\text{sen } \phi_1} = \frac{v_1 t}{\text{sen } \theta_1}$$

Usando o fato que o ângulo ϕ_1 é igual ao ângulo de incidência θ_1 . No triângulo $AB'B$, temos que:

$$\text{sen } \phi_2 = \frac{v_2 t}{AB}$$

ou

$$AB = \frac{v_2 t}{\text{sen } \phi_2} = \frac{v_2 t}{\text{sen } \theta_2}$$

Note que: $\theta_2 = \phi_2$ é o ângulo de refração. E portanto, igualando as equações obtemos:

$$\frac{1}{v_1} \text{sen } \theta_1 = \frac{1}{v_2} \text{sen } \theta_2$$

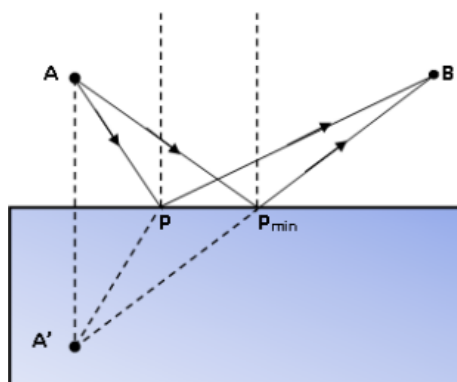
Multiplicando ambos membros da equação por c , e, então, substituindo v_1 por $\frac{c}{n_1}$ e v_2 por $\frac{c}{n_2}$, obtemos:

$$n_1 \cdot \text{sen } \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \theta_2 \rightarrow \textbf{Lei de Snell}.$$

Como é apresentado na figura 6, o Princípio de Fermat para a reflexão luminosa mostra dois caminhos nos quais a luz deixa o ponto, atinge a superfície plana, que pode ser considerada um espelho, e se propaga até o ponto B.

O problema para aplicar esse princípio à reflexão pode ser definido como: Em qual ponto P da figura a luz deve ser aplicada no espelho para que ela se propague do ponto A até o ponto B no menor tempo? Dado que a luz está se deslocando no mesmo ponto para este problema, o tempo será reduzido quando a distância for mínima. Na figura 7, a distância APB é a mesma que $A'PB$, onde o ponto A' está ao longo da perpendicular, desde A até o espelho, e é equidistante atrás do espelho. Ademais, quando o ponto P é alterado, a distância $A'PB$ é mínima quando os pontos A' , P e B estiverem em uma linha reta. Logo, isso se dá quando o ângulo de incidência é o mesmo do ângulo de reflexão.

Figura 7 - Geometria para dedução da lei da reflexão a partir do princípio de Fermat.

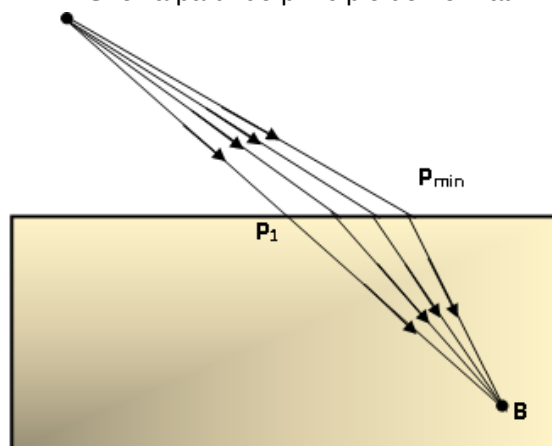


Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

A dedução de Snell da refração, de acordo com o Princípio de Fermat, é um tanto mais complexa, como apontam Paul A. Tipler e Gene Mosca na página 378.

Dessa forma, para facilitar a transposição pedagógica, utilizaremos a geometria para determinar a trajetória mais curta (ver figura 8).

Figura 8 - Geometria para dedução da lei de Snell a partir do princípio de Fermat.



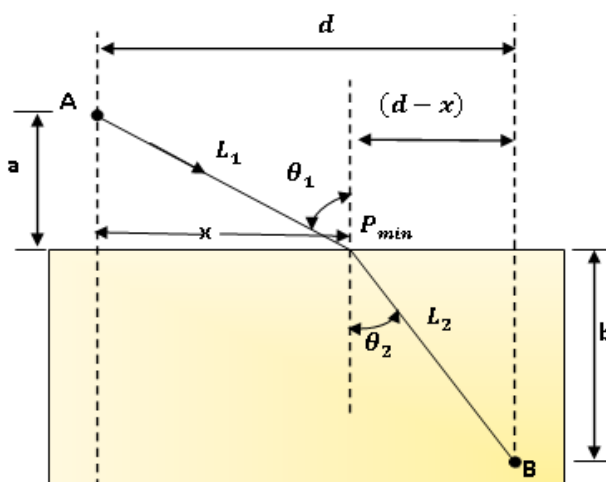
Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Seja L_1 a distância percorrida no meio 1 que tem índice de refração n_1 , e L_2 é a distância percorrida no meio 2 que tem índice de refração n_2 , o tempo para que a luz percorra a trajetória total AB é:

$$t = \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2} \rightarrow t = \frac{L_1}{\frac{c}{n_1}} + \frac{L_2}{\frac{c}{n_2}} \rightarrow t = \frac{n_1 L_1}{c} + \frac{n_2 L_2}{c}$$

Além disso, devemos determinar o ponto $P_{\min}$ para o qual tempo é mínimo, e, portanto, expressamos o tempo em termos de um único parâmetro x , como mostrado na figura 9 a seguir, para indicar a posição do ponto $P_{\min}$.

Figura 9 - Geometria para o tempo mínimo na dedução da lei de Snell partir do princípio de Fermat.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Aplicando o teorema de Pitágoras em termos da distância x , temos:

$$L_1^2 = a^2 + x^2$$

e

$$L_2^2 = b^2 + (d - x)^2$$

A figura 10 abaixo, mostra o tempo t como função de x . No valor de x para o qual o tempo é mínimo, a declividade do gráfico t versus x é zero:

$$\frac{dt}{dx} = 0$$

Diferenciando cada termo na equação com relação a x igualando o resultado a zero, temos que:

$$\frac{dt}{dx} = \frac{1}{c} \left(n_1 \frac{dL_1}{dx} + n_2 \frac{dL_2}{dx} \right) = 0$$

Derivando podemos obter:

$$2L_1 \frac{dL_1}{dx} = 2x \quad \text{ou} \quad \frac{dL_1}{dx} = \frac{x}{L_1}$$

onde $\frac{x}{L_1}$ é $\text{sen } \theta_1$, e onde θ_1 é o ângulo de incidência. Portanto, temos:

$$\frac{dL_1}{dx} = \text{sen } \theta_1$$

Da mesma forma, temos que:

$$2L_2 \frac{dL_2}{dx} = 2(d-x)(-1) \quad \text{ou} \quad \frac{dL_2}{dx} = \frac{d-x}{L_2} = -\text{sen } \theta_2$$

onde θ_2 é o ângulo de refração. Daí, obtemos:

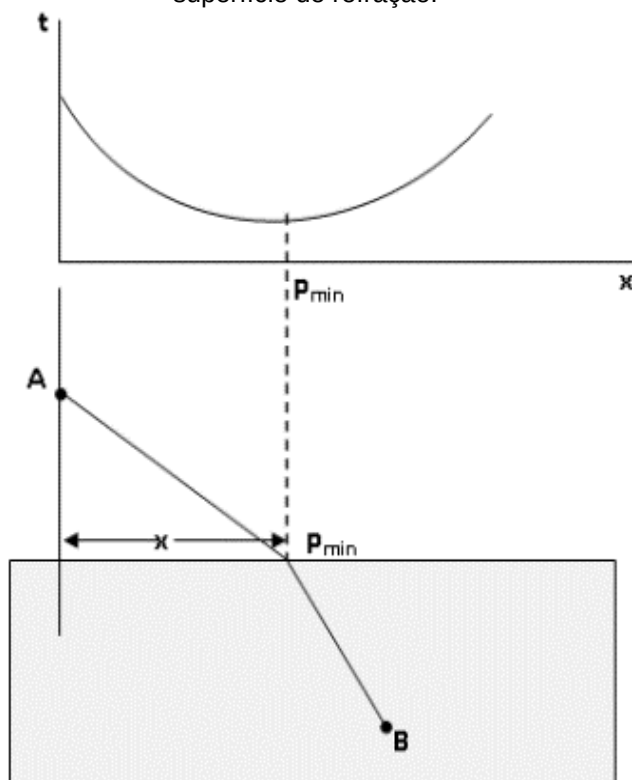
$$n_1 \frac{dL_1}{dx} + n_2 \frac{dL_2}{dx} = 0$$

Substituindo os resultados das equações para $\frac{dL_1}{dx}$ e $\frac{dL_2}{dx}$ temos:

$$n_1 \text{sen } \theta_1 + n_2 (-\text{sen } \theta_2) = 0 \rightarrow$$

$$n_1 \text{sen } \theta_1 = n_2 \text{sen } \theta_2 \rightarrow \textbf{Lei de Snell.}$$

Figura 10 - Gráfico de t versus x , medido ao longo da superfície de refração.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

3.4 Lentes esféricas

As lentes são fundamentais para o estudo da óptica, tendo grande aplicação em instrumentos de observação (lunetas, microscópios, telescópios, outros) e de projeção (máquina fotográficas, projetores de filmes, outros), exercendo funções essenciais. As lentes diferem umas das outras quanto ao seu comportamento óptico perante o meio em que se encontram, assim como o material de que são feitas, suas dimensões e sua curvatura.

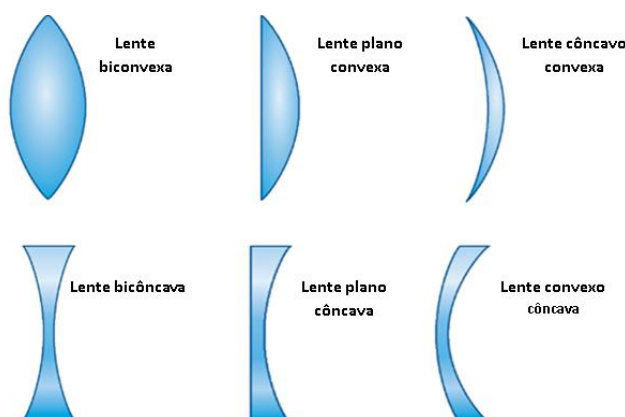
Segundo Biscuola, Doca e Newton (2012):

Não se sabe ao certo quando surgiram as primeiras lentes. Há relatos de que no século VIII a.C. utilizavam-se determinados cristais polidos capazes de produzir imagens ampliadas de objetos. A partir do século XIII, porém, iniciou-se na Itália a fabricação regular de lentes, destinadas principalmente à correção visual. Teria sido o florentino Salvino D'Armato, em 1285, o primeiro fornecedor do que hoje chamamos de óculos.

De acordo com o livro Halliday, Resnick e Walker (2016, p. 128), "lentes esféricas são objetos transparentes, limitados por duas superfícies refratoras com um eixo central em comum". Em contrapartida Biscuola, Doca e Newton (2012, p. 411) definem as lentes esféricas como sendo "uma associação de dois dioptrios: um necessariamente esférico e o outro plano ou esférico. Já de acordo com Ramalho, Nicolau e Toledo (2015, p. 345), "as lentes esféricas são sistemas ópticos que possuem três meios transparentes e homogêneos, separados por uma superfície esférica e outra plana, ou por duas superfícies esféricas".

3.5 Classificação e comportamento óptico das lentes esféricas

Figura 11 - Classificação das lentes esféricas.

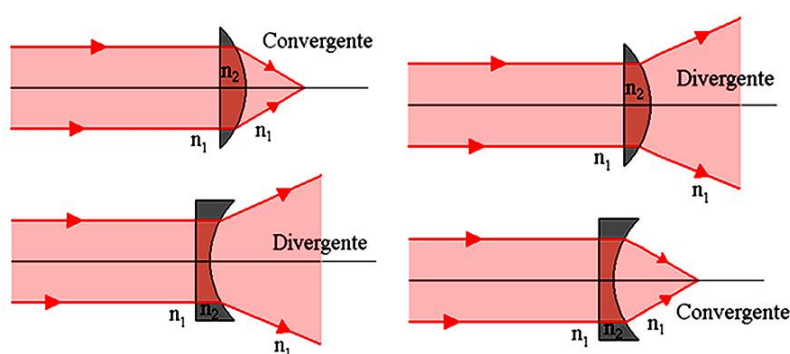


Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

As lentes esféricas são classificadas em dois grupos, tais quais: lentes de bordas finas e lentes de bordas grossas, as quais diferenciam pela espessura da região periférica comparada à espessura da região central.

Quanto ao comportamento óptico elas são classificadas em: lentes convergentes e divergentes. Note que a convergência ou a divergência da lente de borda grossa ou fina depende do índice de refração do meio no qual elas se encontram (ver figuras).

Figura 12 - Comportamento óptico das lentes.



Fonte: Disponível em:

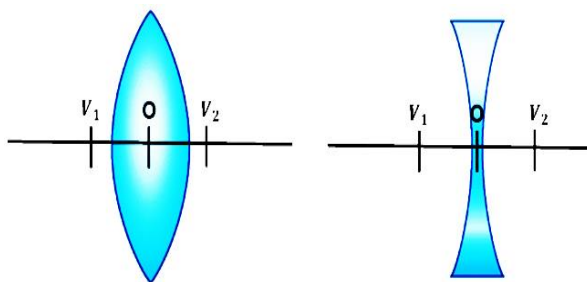
<https://www.preparaenem.com/fisica/comportamento-optico.htm>

3.6 Elementos das lentes esféricas

3.6.1 Centro óptico ou centro geométrico

É o local por onde o raio luminoso ao incidir em uma lente delgada atravessa sem sofrer desvio lateral e nem angular, condição na qual a espessura é considerada desprezível (seus vértices (V_1 e V_2) e o centro geométrico coincidem).

Figura 13 - Centro óptico das lentes esféricas.

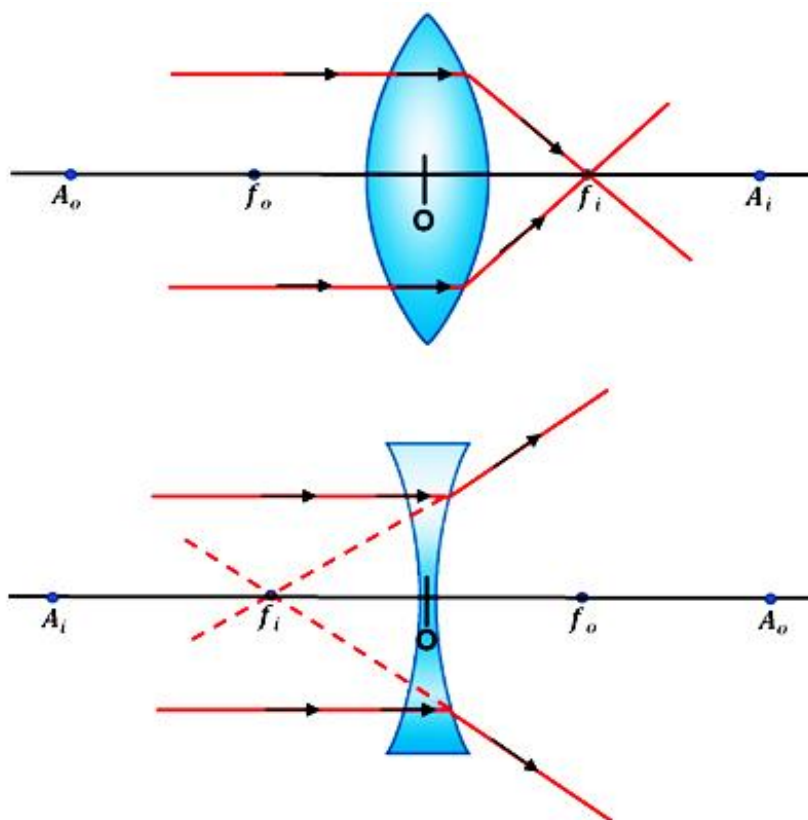


Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

3.6.2 Foco principal e pontos antiprincipais

Considere que dois raios luminosos incidindo paralelamente ao eixo óptico de duas lentes esféricas sofram duplas refrações em cada face como mostrado na figura (14) abaixo. No estudo do comportamento óptico, vimos que os raios luminosos ao atravessar as lentes convergentes (bordas delgadas) se cruzam em um ponto próprio. A esse ponto dá-se o nome de ponto focal real (f_o), pois é obtido pelo cruzamento produzido dos raios luminosos. Já nas lentes divergentes (bordas espessas), esse ponto obtido pelos cruzamentos dos prolongamentos dos raios luminosos ao refratar-se recebe o nome de ponto focal virtual (f_i). Vale ressaltar que a distância entre o centro óptico (O) e os pontos focais (f_o e f_i) dá-se o nome de distância focal que pode ser positivo ou negativo mediante o tipo de lente. Os pontos A_i e A_o são denominados pontos antiprincipais correspondendo ao dobro da distância focal da lente.

Figura 14 - Foco principal e pontos antiprincipais das lentes.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

3.7 Raios notáveis (propriedades)

Os raios de luz ao incidir em lentes (convergentes ou divergentes), sofrem refração e dependendo da angulação de incidência adquirem propriedades especiais. Segue abaixo a descrição desses raios notáveis:

1ª Propriedade: Todo raio de luz que incide passando pelo centro óptico (O) refrata-se sem desvio;

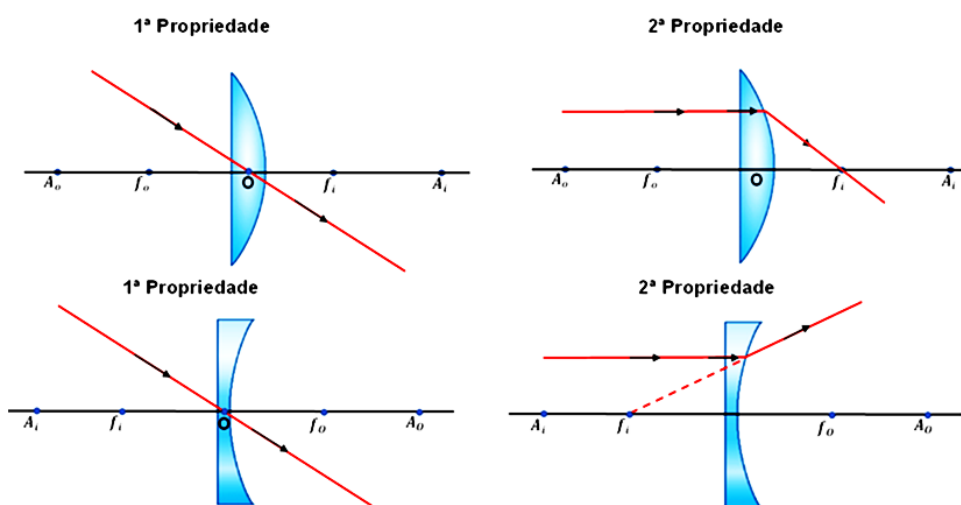
2ª Propriedade: Todo raio de luz que incide paralelamente ao eixo principal refrata-se passando pelo foco principal imagem (f_i);

3ª Propriedade: Todo raio de luz que incide passando pelo foco principal objeto (f_o) refrata-se paralelamente ao eixo principal;

4ª Propriedade: Todo raio de luz que incide passando pelo ponto antiprincipal objeto (A_o) refrata-se passando pelo ponto antiprincipal imagem (A_i);

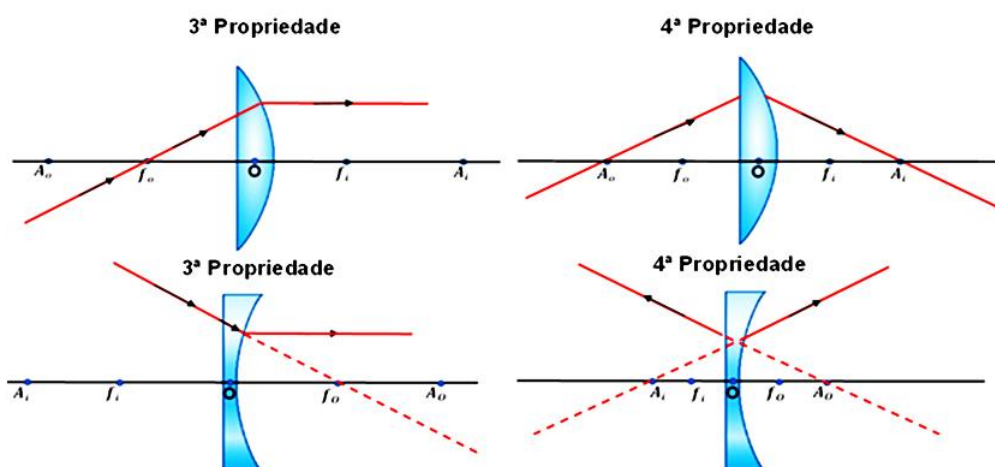
Essas propriedades são de grande importância na construção geométrica das imagens geradas pelas lentes esféricas. Veja a configuração nas quatro propriedades das figuras 15 e 16.

Figura 15 - Raios notáveis (1ª e 2ª propriedades).



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Figura 16 - Raios notáveis (3ª e 4ª propriedades).



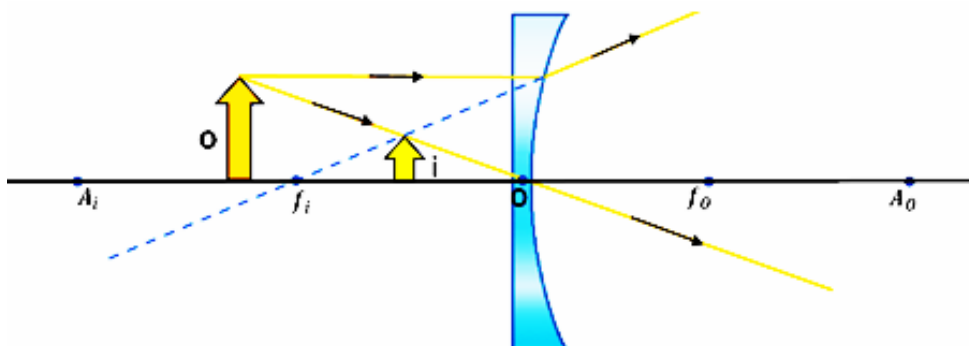
Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

3.8 Construção geométrica e características das imagens formadas

3.8.1 Lentes esféricas divergentes

Nesse tipo de lente a imagem conjugada será sempre virtual, direita e menor, independentemente da posição onde se encontre o objeto diante a lente. Além disso, a imagem conjugada formará sempre entre o centro óptico (O) e o foco principal imagem (f_i) da lente como mostrado abaixo.

Figura 17 - Construção da imagem em lente esférica divergente.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

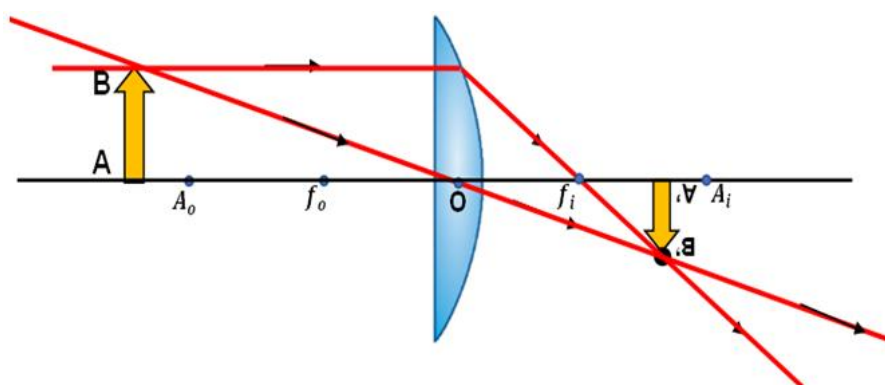
É importante notar que a construção geométrica de imagens nas lentes esféricas é formalizada de maneira similar nos espelhos esféricos.

3.8.2 Lentes convergentes

Nas lentes convergentes, as características das imagens formadas dependem da posição onde se encontra o objeto. Vejamos:

3.8.2.1 Objeto situado antes do ponto antiprincipal objeto (A_o)

Figura 18 - Construção da imagem em lente esférica convergente (Objeto situado antes do ponto antiprincipal objeto - A_o).

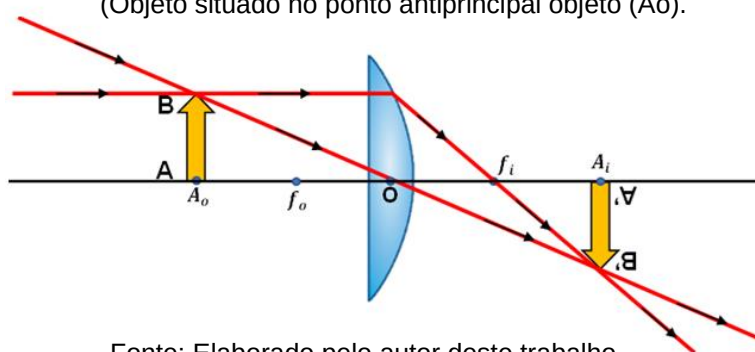


Fonte: Elaborado pelo autor deste

A característica da imagem formada com o objeto situado antes do ponto antiprincipal objeto (A_o) será sempre: real, invertida e menor, por conseguinte, esse tipo de imagem ocorre em máquinas fotográficas, filmadoras e no olho humano (como veremos mais adiante). A objetiva desses aparelhos é uma lente convergente (simples ou composta) que conjuga a imagem sobre o filme.

3.8.2.2 Objeto situado no ponto antiprincipal objeto (A_o)

Figura 19 - Construção da imagem em lente esférica convergente (Objeto situado no ponto antiprincipal objeto (A_o)).



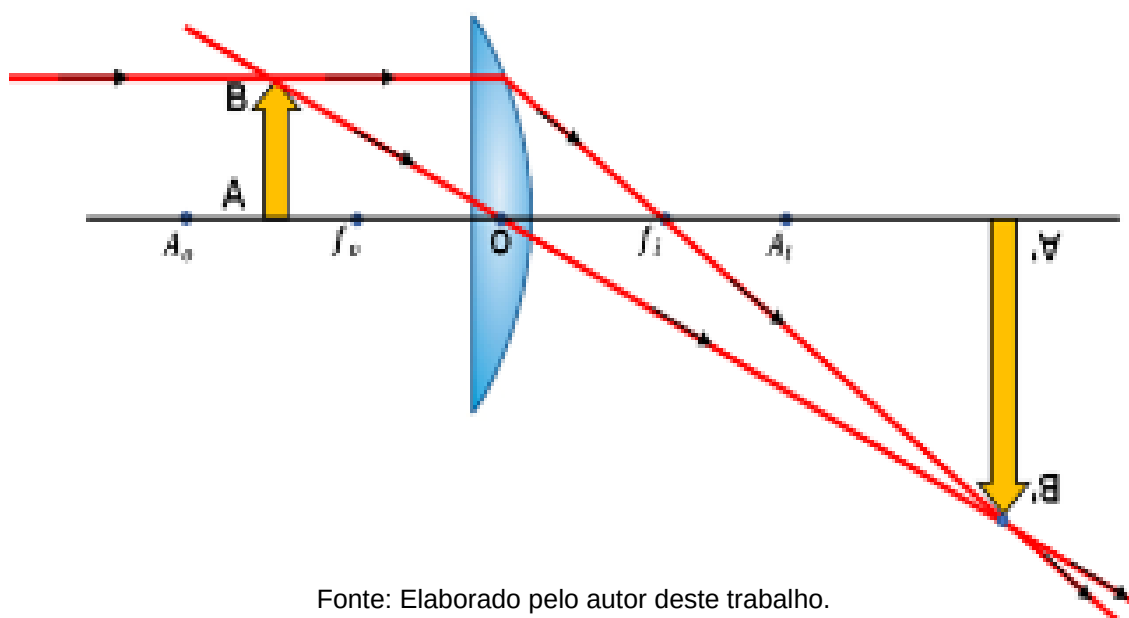
Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

A característica da imagem formada com o objeto situado no ponto antiprincipal objeto (A_o) será sempre: real, invertida e do mesmo tamanho que o objeto, de tal forma que esse tipo de imagem é produzido em máquinas de fotocópias.

Essas propriedades são de grande importância na construção geométrica das imagens geradas pelas lentes esféricas.

3.8.2.3 Objeto situado entre o ponto antiprincipal objeto (A_o) e o foco principal objeto (f_o)

Figura 20 - Construção da imagem em lente esférica convergente (Objeto situado entre o ponto antiprincipal objeto (A_o) e o foco principal objeto (f_o)).

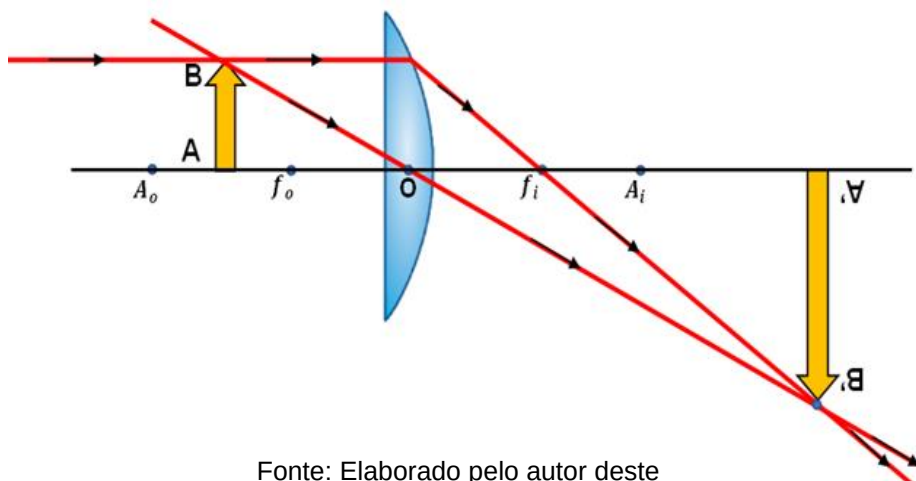


Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Quando o objeto é posicionado entre o ponto antiprincipal objeto (A_o) e o foco principal da lente (f_o), a imagem formada sempre será: real, invertida e maior que o objeto, por isso são utilizadas em projetores.

3.8.2.4 Objeto situado no foco principal objeto (f_o)

Figura 21 - Construção da imagem em lente esférica convergente (Objeto situado no foco principal objeto (f_o)).

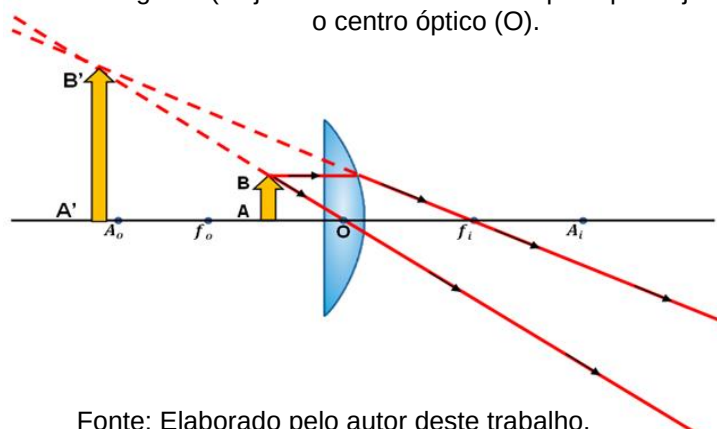


Fonte: Elaborado pelo autor deste

Quando o objeto é posicionado sobre o foco da lente, não é formada uma imagem, pois os raios refratados são paralelos e nunca se cruzam para formar uma imagem do objeto, de tal forma que é denominada de imagem imprópria.

3.8.2.5 Objeto situado entre o foco principal objeto (f_o) e o centro óptico (O)

Figura 22 - Construção da imagem em lente esférica convergente (Objeto situado entre o foco principal objeto (f_o) e o centro óptico (O)).



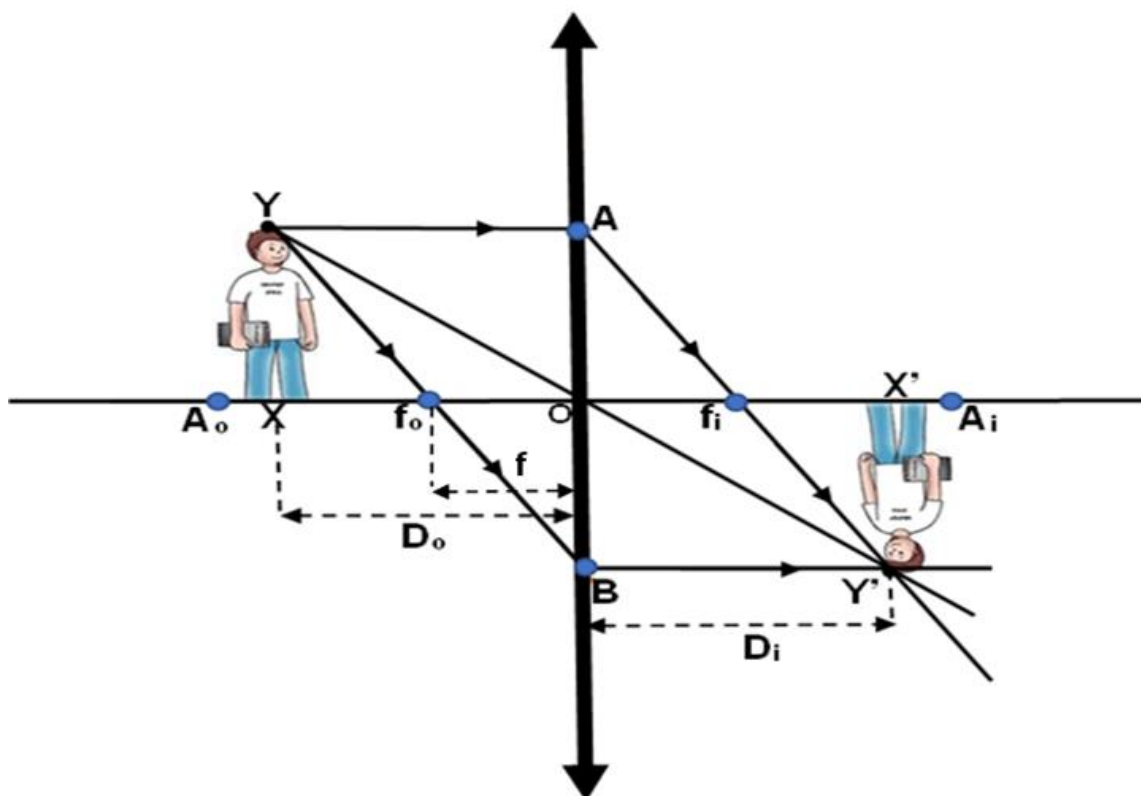
Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Quando o objeto é posicionado entre o foco principal objeto (f_o) e o centro óptico (O) da lente, sua imagem será sempre: virtual, direita e maior que objeto, de tal forma que esse tipo de imagem é produzido em lupas.

3.9 Estudo analítico das lentes esféricas. Equação dos pontos conjugados (equação de Gauss).

Conhecida por alguns autores como Equação de Gauss, a equação dos pontos conjugados desempenha um papel fundamental para o estudo analítico das lentes esféricas, como também para o estudo dos espelhos esféricos. Para facilitar a demonstração da equação dos pontos conjugados considere a representação simplificada abaixo.

Figura 23 - Lente convergente: estudo analítico das lentes esféricas (Equação de Gauss).



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Ainda com relação a imagem acima, considere que a mesma obedece às condições de Gauss, bem como os triângulos XYO e $X'Y'O$, são semelhantes. Portanto, podemos obter a seguinte relação:

$$\frac{XY}{X'Y'} = \frac{OX}{OX'}$$

Note que na imagem: $OX = D_o$ e $OX' = D_i$, substituindo temos:

$$\frac{XY}{X'Y'} = \frac{D_o}{D_i} \quad (1)$$

Observe também que os triângulos XYf_o é semelhante BOf_o , então:

$$\frac{XY}{BO} = \frac{f_o X}{f_o O}$$

No entanto, $BO = X'Y'$, $f_o X = D_o - f$ e $f_o O = f$. Assim:

$$\frac{XY}{X'Y'} = \frac{D_o - f}{f} \quad (2)$$

Comparando-se as expressões 1 e 2, temos:

$$\frac{D_o}{D_i} = \frac{D_o - f}{f}$$

$$f D_o = D_i D_o - D_i f$$

$$D_i D_o = f D_o + D_i f$$

Dividindo ambos membros por $f D_o D_i$, temos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_o} + \frac{1}{D_i}$$

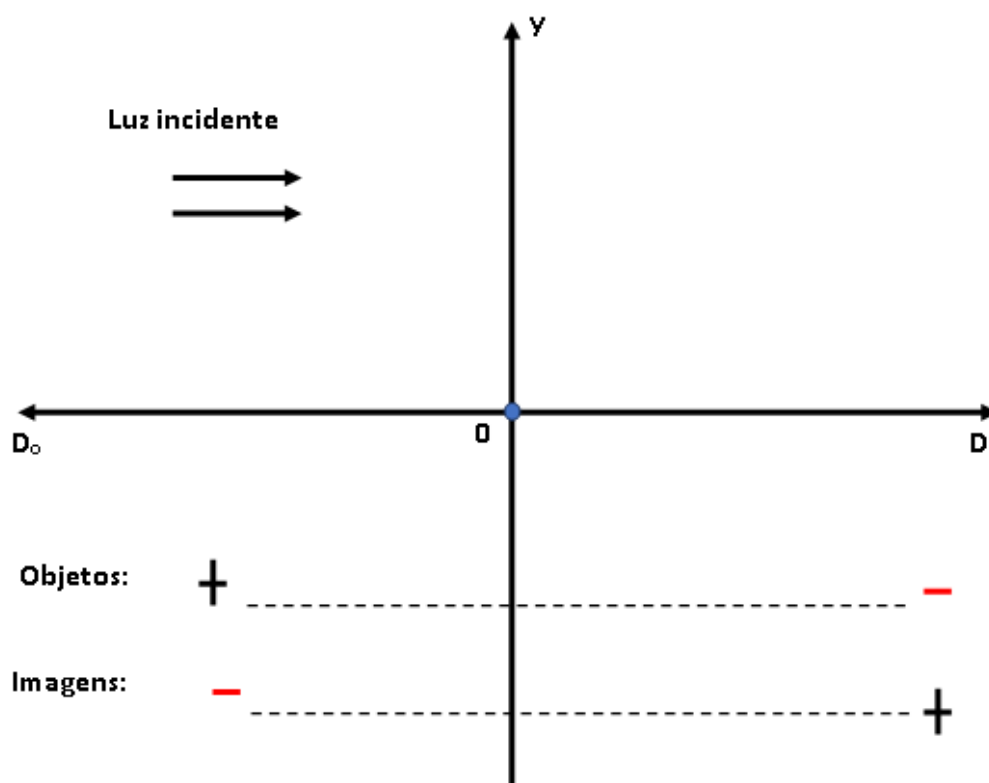
(Equação de Gauss)

É importante ressaltar que, ao utilizar equação dos pontos conjugados, devem ser considerados os sinais algébricos dados pelo referencial gaussiano.

3.10 Estudo analítico das lentes esféricas. Aumento linear transversal.

Para fazermos o estudo analítico do aumento linear transversal das lentes esféricas é importante lembrarmos do referencial Gaussiano composto de três eixos, todos com origem coincidente com o centro óptico, conforme apresentado no esquema abaixo:

Figura 24 - Lente convergente - referencial Gaussiano.



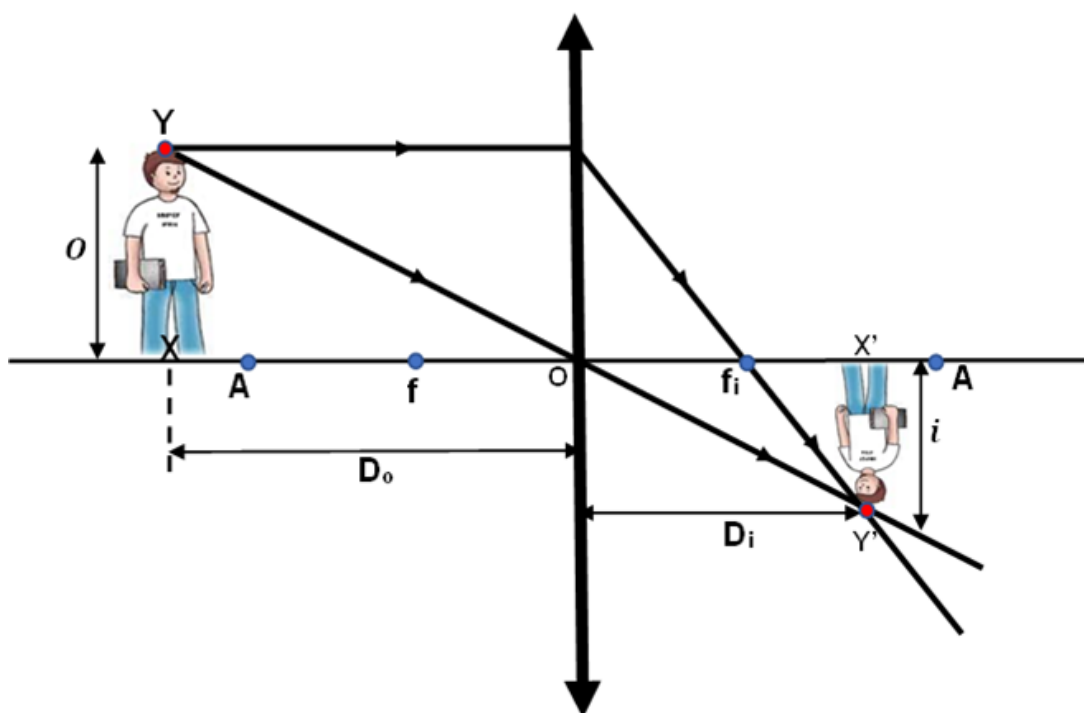
Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

O aumento linear transversal é uma grandeza adimensional dada pelo quociente entre a ordenada da imagem (i) e a ordenada do objeto (o), ambas expressas em relação ao referencial gaussiano.

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

Para facilitar a demonstração analítica do aumento linear transversal para o estudo das lentes esféricas, vamos utilizar o esquema representado abaixo na figura.

Figura 25 - Lente convergente - Esquema representativo para demonstração analítica do aumento linear transversal.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Observe que, na imagem acima os triângulos OXY e OX'Y' são semelhantes. Então, podemos obter a seguinte relação:

$$\frac{X'Y'}{XY} = \frac{OX'}{OX}$$

Porém $X'Y' = |i|$, $XY = |o|$, $OX' = |D_i|$ e $OX = |D_o|$. Assim, temos:

$$\frac{|i|}{|o|} = \frac{|D_i|}{|D_o|}$$

De acordo com o referencial gaussiano, $i < 0$, $o > 0$, $D_o > 0$ e $D_i > 0$. Tendo considerado os sinais algébricos de i , o , D_i e D_o , podemos escrever:

$$\frac{i}{o} = -\frac{D_i}{D_o}$$

Importante ressaltar que:

- $A > 0$

i e o com mesmo sinal: a imagem será direita;

D_i e D_o com sinais opostos: Objeto e imagem têm naturezas opostas (se um real o outro, é virtual).

- $A < 0$

i e o com sinais opostos: a imagem será invertida;

D_i e D_o com mesmo sinal: Objeto e imagem têm a mesma natureza (ambos são reais ou ambos são virtuais).

- $|A| > 1$

A imagem é maior que o objeto.

- $|A| < 1$

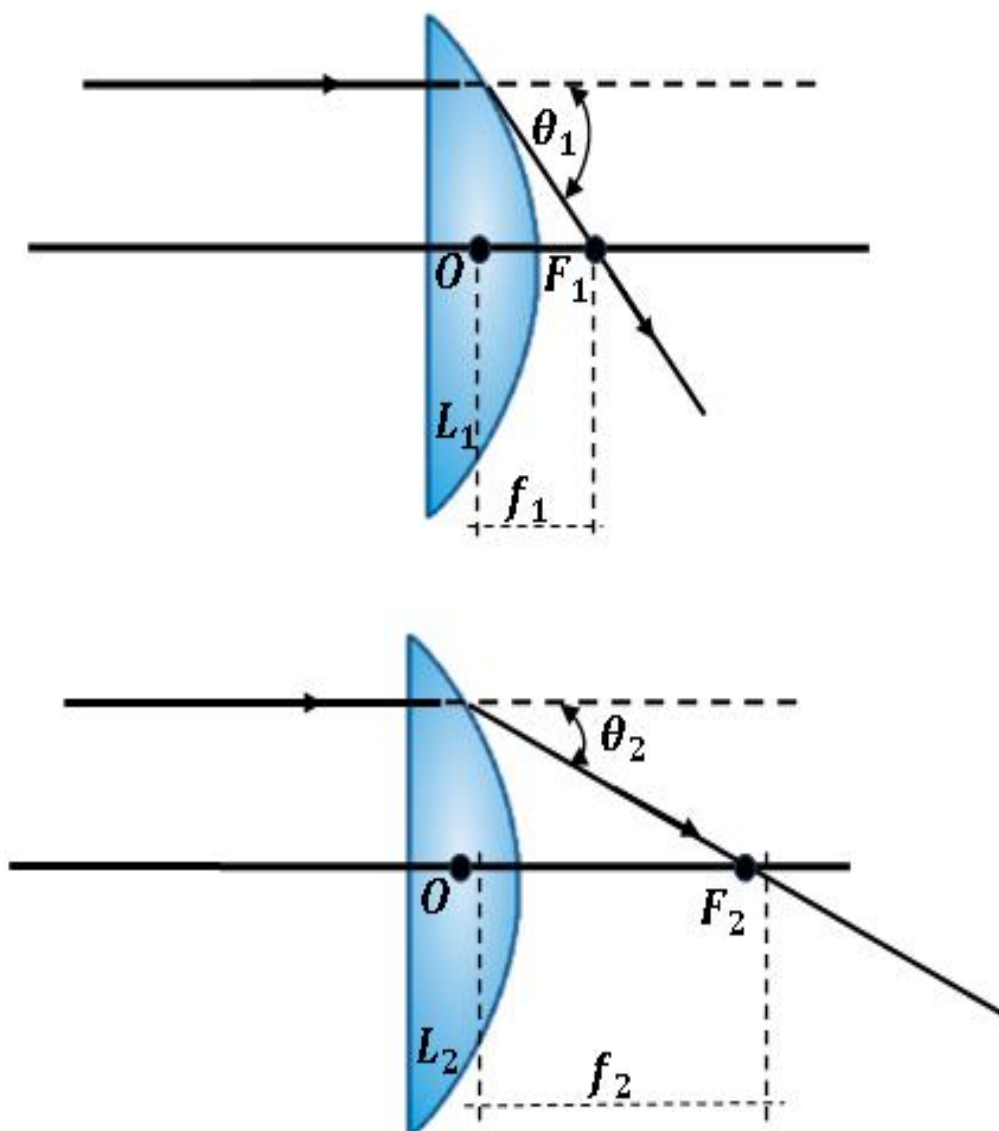
A imagem é menor que o objeto.

Geralmente ouvimos pessoas que usam expressões como: “as lentes dos óculos daquela pessoa têm um grau muito alto”, é tanto que parece um “fundo de garrafa”, ou “as lentes dos óculos daquela pessoa têm um grau baixo”, é tanto que não dá para perceber. A grandeza física que expressa o “grau” é chamada de vergência, a capacidade que as lentes têm de desviar os raios luminosos, na qual é escrita como:

$$V = \frac{1}{f}$$

Veja abaixo a representação esquemática de duas lentes convergentes (L_1 e L_2) com vergência diferentes.

Figura 26 - Lentes convergentes com diferentes vergência.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Note que a lente L_1 desvia mais a luz que L_2 . Nesse caso, temos que o foco (F_1) é menor que o foco (F_2), o que implica que a vergência (V_1) é maior que a vergência (V_2). A vergência é uma grandeza algébrica que tem o mesmo sinal da abscissa focal. Portanto, lentes convergentes ($f > 0$) possuem focos reais e vergência positivas ($V > 0$), já lentes divergentes possuem focos virtuais ($f < 0$) e vergência negativas ($V < 0$). No Sistema Internacional de Unidades (SI), a grandeza que relaciona vergência é a dioptria (di), que indica o inverso do metro (m^{-1}).

3.11 Equação dos fabricantes de lentes ou equação de Halley

É habitual vermos pessoas usando óculos por questões de estética (óculos escuros ou de tonalidades claras) ou por problemas de visão (óculos com "grau"). Não se tem um nome preciso para o inventor das lentes esféricas, sabe-se apenas que os primeiros produtores se baseavam em modelos fundindo vidros, nos quais moldavam e poliam. Nesse sentido, a Brasil Escola (BE) aponta no seu texto:

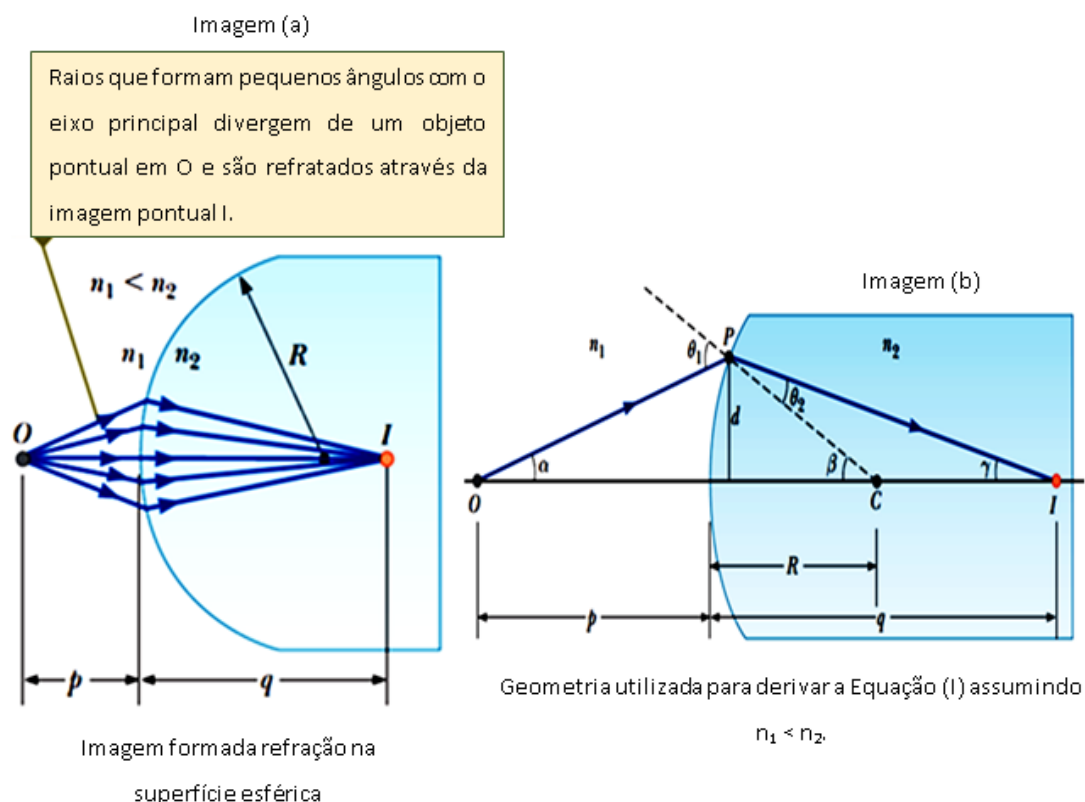
Não se tem certeza de quando é que foram criadas as primeiras lentes, mas já no século VIII a.C existia um cristal de rocha com propriedades de ampliação da imagem. No entanto, foi só no século XIII que esse cristal passou a ser conhecido e utilizado, foi então que surgiram os primeiros óculos. Desde a sua origem esse instrumento óptico tem sido muito utilizado. Na época, logo após sua criação, houve uma rápida popularização, de modo que muitos pesquisadores começaram a fazer combinações entre as lentes para a aplicação nos chamados instrumentos ópticos como, por exemplo, o microscópio, instrumento esse que foi o primeiro a surgir a partir das combinações entre as lentes. (BRASIL ESCOLA, 2021).

No seu livro, Biscuola, Doca e Newton (2012) descrevem que a Equação dos Fabricantes de Lentes é atribuída ao astrônomo inglês Edmond Halley (1656-1742), o que permite calcular a abscissa focal (ou a vergência) de uma lente. São necessários o índice de refração em relação ao meio externo e os raios de curvatura de suas faces.

John W. Jewett, Jr. Raymond A. Serway (2012, p.41) apresenta a equação dos fabricantes das lentes a partir do estudo das imagens que se formam quando os raios de luz seguem a onda sob o modelo de refração no limite entre dois materiais transparentes. Ademais, considere dois meios transparentes, possuindo índices de refração n_1 e n_2 , sendo que a fronteira entre eles é uma superfície esférica de raio R . Suponha que o objeto em O esteja no meio para o qual o índice de refração é n_1 .

Veja:

Figura 27 - Imagem da geometria utilizada para derivar a equação dos fabricantes das lentes (I) assumindo $n_1 < n_2$.



Fonte: John W. Jewett, Jr. Raymond A. Serway, 2012, p.41-42.

A imagem (b) acima, mostra um raio único deixando o ponto O e refratando no ponto I . A lei de refração de Snell aplicada a este raio nos mostra que:

$$n_1 \cdot \sin\theta_1 = n_2 \cdot \sin\theta_2$$

Para pequenos consideramos $\theta_1 \approx \theta_2$ e escrevemos a equação de Snell como:

$$n_1 \cdot \theta_1 = n_2 \cdot \theta_2$$

$$\theta_1 = \frac{n_2 \cdot \theta_2}{n_1} \quad (1)$$

Sabemos que o ângulo externo de um triângulo é igual à soma dos dois ângulos opostos interiores. Então, aplicando esta regra aos triângulos OPC e PIC na imagem (b), temos:

$$\theta_1 = \alpha + \beta \quad (2)$$

$$\beta = \theta_2 + \gamma \quad (3)$$

Substituindo 1 em 2, temos que:

$$\theta_1 = \frac{n_2 \cdot \theta_2}{n_1} \quad (1)$$

$$\theta_1 = \alpha + \beta \quad (2)$$

$$\frac{n_2 \cdot \theta_2}{n_1} = \alpha + \beta$$

Multiplicando o produto dos meios pelos extremos, temos:

$$n_2 \cdot \theta_2 = n_1 \cdot \alpha + n_1 \cdot \beta$$

$$\theta_2 = \frac{n_1 \cdot \alpha + n_1 \cdot \beta}{n_2} \quad (4)$$

Organizando a equação 3 e substituindo na equação 4 e fazendo produto dos meios pelos extremos, temos:

$$\beta = \theta_2 + \gamma$$

$$\theta_2 = \beta - \gamma \quad (3)$$

$$\theta_2 = \frac{n_1 \cdot \alpha + n_1 \cdot \beta}{n_2} \quad (4)$$

$$\beta - \gamma = \frac{n_1 \cdot \alpha + n_1 \cdot \beta}{n_2}$$

$$n_1 \cdot \alpha + n_1 \cdot \beta = n_2 \cdot \beta - n_2 \cdot \gamma$$

Organizando a equação acima, temos:

$$n_1 \cdot \alpha + n_2 \cdot \gamma = (n_2 - n_1) \cdot \beta \quad (5)$$

Note também que na imagem da (b) da figura 27, mostra três triângulos retângulos que possuem um lado vertical comum de comprimento d . Os raios paraxiais (diferentes do raio que forma um ângulo relativamente grande mostrado na imagem (b) da figura 27) apresentam lados horizontais aproximadamente p para o triângulo que contém o ângulo α ; R para o triângulo que contém o ângulo β ; e q para o triângulo que contém o ângulo γ . Na aproximação de ângulo pequeno, $tg\theta \approx \theta$ e podemos redigir as relações de aproximação destes triângulos da seguinte maneira:

$$tg\alpha \approx \alpha \approx \frac{d}{p} \quad tg\beta \approx \beta \approx \frac{d}{R} \quad tg\gamma \approx \gamma \approx \frac{d}{q}$$

Substituindo estas expressões na equação 5 e dividindo por d , temos:

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{(n_2 - n_1)}{R} \quad (6)$$

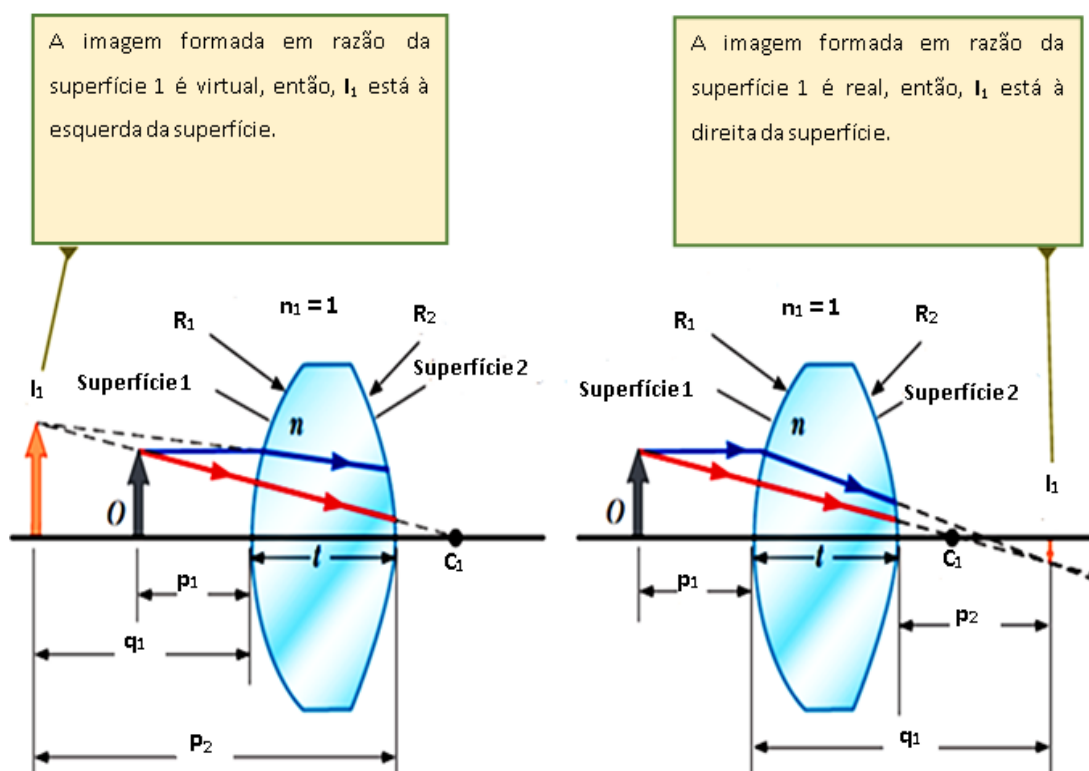
Deve-se salientar que, para uma distância do objeto fixa p , a distância da imagem q é independente do ângulo que o raio forma com o eixo. Este resultado nos diz que todos os raios paraxiais focam no mesmo ponto I .

Em relação à equação (6), considerando que $n_1 = 1$, uma vez que a lente está imersa, podemos afirmar que:

$$\frac{1}{p_1} + \frac{n}{q_1} = \frac{(n - 1)}{R_1} \quad (7)$$

A equação acima pode ser expandida se adotarmos o esquema representado na imagem abaixo, onde $n_1 = n$ e $n_2 = 1$.

Figura 28 - Imagem da geometria utilizada para expandir a equação dos fabricantes das lentes assumindo $n_1 = n$ e $n_2 = 1$.



Fonte: John W. Jewett, Jr. Raymond A. Serway, 2012, p.45.

$$-\frac{n}{q_1} + \frac{1}{q_2} = \frac{(1 - n)}{R_2} \quad (8)$$

Substituindo as equações (7) na (8), obtemos:

$$\frac{1}{p_1} + \frac{1}{q_2} = (n - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right] \quad (9)$$

Deixando p se aproximar de ∞ e q de f na equação (9), vemos que o inverso da distância focal para uma lente delgada é:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right] \quad \text{Equação dos fabricantes de lentes}$$

Adotaremos a seguinte convenção de sinais para que as abscissas focais (ou vergências) calculadas pela Equação dos Fabricantes de Lentes estejam de acordo com o referencial gaussiano:

- Faces convexas: raios de curvatura positivos ($R > 0$);
- Faces côncavas: raios de curvatura negativos ($R < 0$).

3.12 Óptica da visão

A visão é um dos órgãos mais importantes e surpreendentes do ser humano, pois nos permitem ver objetos e coisas, além de diferenciar cores, tamanhos, profundidade, informações e movimentos através da recepção da luz. São constituídos por um agrupamento de lentes que, dentro de certos limites, podem modificar a sua forma e focalizar os raios de luz na retina, onde estão os fotorreceptores.

Amabis e Martho (2015, p. 72) explicam que os órgãos responsáveis pela visão são os bulbos oculares, mais popularmente conhecidos como olhos. São duas bolsas de tecido mole, cheias de líquido, que ficam nas órbitas oculares, encaixadas em cavidades ósseas do crânio.

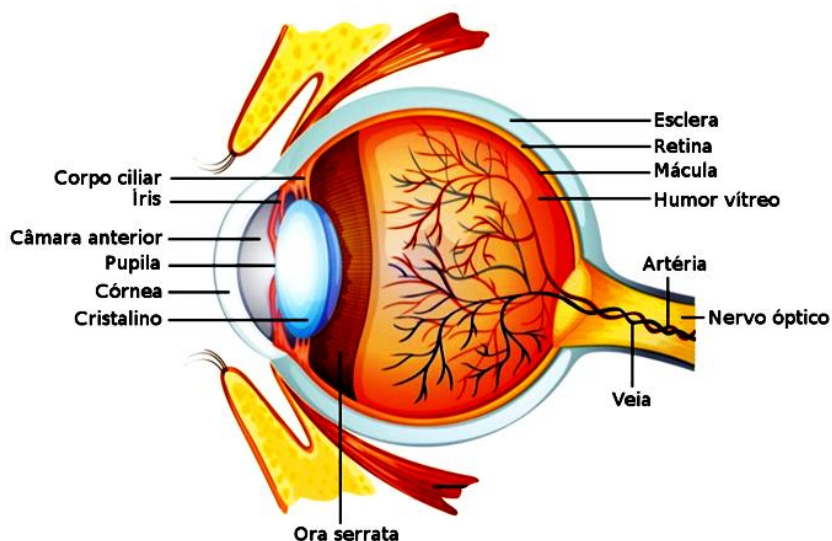
Os autores concordam quanto à existência, nos bulbos oculares, de células sensoriais que captam estímulos luminosos, denominadas fotoceptores ou fotorreceptores.

Cada glândula lacrimal é movimentada por três músculos em forma de cinta, que estão presos ao globo ocular, numa espécie de órbita.

O movimento é, contudo, restrito pelo nervo óptico, um agrupamento de fibras nervosas que sai do interior do bulbo ocular em direção ao cérebro, atravessando uma abertura no osso da órbita ocular.

A figura 29, apresenta uma descrição das partes principais da estrutura interna do olho humano.

Figura 29 - Estrutura interna do olho humano.



Fonte: Disponível em:
https://www.passeidireto.com/arquivo/37253209/anatomia_olho

A córnea é a primeira lente natural do olho humano. As suas pálpebras e lágrimas a protegem contra ataques externos. A córnea é uma porção transparente do olho, composta por uma membrana fina e resistente. Ademais, tem a função de conduzir a luz, refratar e proteger o sistema visual.

A refração do raio luminoso que penetra o olho progride até a íris, a parte colorida do olho. Ela tem um orifício central de abertura variável que ajuda no controle da abertura e fechamento da pupila. Quando há uma grande concentração de energia, a íris se dilata, diminuindo a pupila, permitindo, assim, que pouca energia luminosa seja concentrada no globo ocular. Ocorre o processo contrário quando os olhos recebem pouca luz.

Dando continuidade ao percurso do feixe de luz, após atravessar a área da pupila, a luz sofre mais uma refração em uma segunda lente, chamada lente Natural do olho, que era conhecida anteriormente como cristalino. Essa lente ocular é uma estrutura proteica parecida com uma lente biconvexa, é flexível, mantida por ligamentos que os músculos ciliares provocam. De acordo com Mendonça (2016, p. 40 e 41), estes músculos ciliares são estriados e involuntários, localizados perifericamente à íris e aderidos à esclera.

Ainda segundo Mendonça (2016, p. 40 e 41), ao fixar o olhar num objeto próximo, a contração dos músculos causa uma ligeira deformação no cristalino, que se torna mais espesso e arredondado. Ocorre o contrário na focalização de objetos

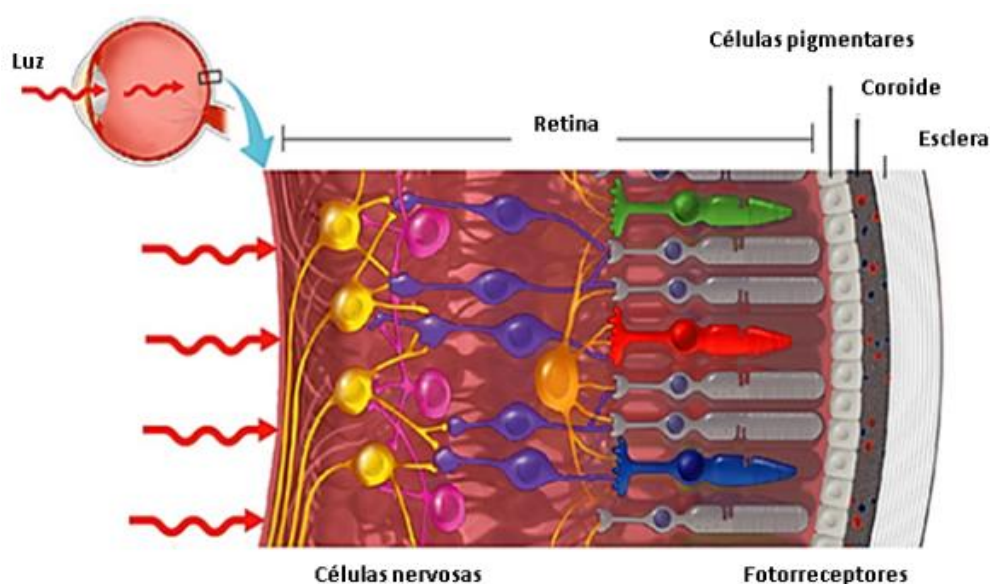
distantes: o relaxamento dos músculos provoca aumento da pressão no cristalino, que se torna grosso e arredondado. Este processo é denominado acomodação visual.

Finalmente, os raios de luz chegam à retina, onde estão os fotorreceptores. Há dois tipos de receptores visuais nos seres humanos, a saber: os cones e os bastonetes. Os cones são ativados por brilhos intensos e são os responsáveis pela identificação das cores. Os bastonetes são mais sensíveis, reagindo a níveis baixos de luz e sendo capazes de perceber tons de cinza, preto e branco.

Dangelo e Fantinni (2016, p. 165 e 166) asseguram que os cones e bastonetes são chamados de fundo do olho. Ademais, pode-se identificar duas áreas menores, a mácula e o nervo óptico. A primeira engloba grande quantidade de cones e é o ponto de maior sutileza visual. O nervo óptico surge da retina, área que não contém fotorreceptores (cones e bastonetes), sendo, assim, chamado de ponto cego.

A estimulação luminosa, ao percorrer o olho, é enviada ao cérebro através dos fotorreceptores que se comunicam com o nervo óptico (ver figura 30). Nas áreas visuais do cérebro, as imagens são captadas. Além disso, os olhos e o cérebro sobrepõem as imagens de forma construtiva.

Figura 30 - Fotorreceptores que se comunicam com o nervo óptico.

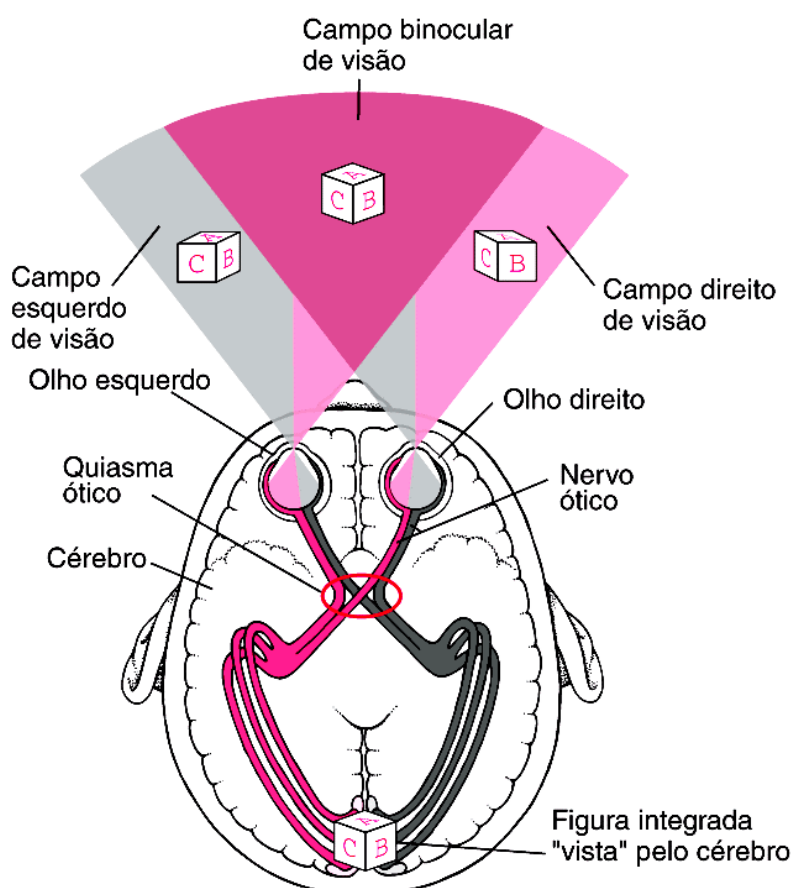


Fonte: Disponível em:
<https://sites.ifi.unicamp.br/mbonanca/files/2019/11/tema5L.pdf>

A lente natural do olho humano (cristalino) é uma lente convergente, porque provoca refração dos raios luminosos, fazendo-os convergir para um ponto central. A

refração faz com que as imagens que chegam à retina sejam invertidas, tanto no sentido vertical (de cima para baixo), quanto no lateral (da direita para a esquerda). Os raios luminosos que partem do lado direito de um objeto chegam ao lado esquerdo da retina, e vice-versa, conforme mostrado na figura 32.

Figura 32 - Caminho visual.



Fonte: Disponível
em: <https://www.msmanuals.com/pt/casa/multimedia/figure/tra%C3%A7ando-os-caminhos-visuais>

Você pode estar se perguntando, neste exato momento, porque não vemos tudo invertido, uma vez que as imagens são formadas assim na retina? Acontece que na retina há milhares de células fotorreceptoras que transformam as ondas luminosas em impulsos elétricos, que são decodificados pelo cérebro no lobo occipital (ver imagem 32). Dessa maneira, as imagens que chegam à retina são invertidas pelo cérebro, e a percepção visual é a de um objeto em sua posição real.

Figura 33 - Decodificação de impulsos eletroquímicos pelo cérebro no lobo occipital.



Fonte: Disponível em:

<https://www.admiravelcurioso.com.br/e-possivel-transplantar-um-olho-inteiro/>

3.12.1 Acomodação visual

Dado que as imagens são formadas na retina a uma distância média de 15 mm da lente natural, sua projeção com relação à lente é constante, o que também implica numa constante na abscissa D_i . Por outro lado, os objetos vistos por um observador a diferentes distâncias do globo ocular, ocasiona uma variação na abscissa D_o . Pela Equação de Gauss, temos que:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_o} + \frac{1}{D_i}$$

Observe como D_i permanece constante e D_o varia na abscissa, isso implica também numa variação da distância focal f da lente. Essa variação na distância focal é realizada pelos músculos ciliares, os quais têm a função de comprimir e descomprimir a lente natural. O processo de ajuste da imagem nítida na retina devido à variação da distância focal é denominado acomodação visual.

A acomodação visual está compreendida entre um ponto remoto (PR) e um ponto próximo (PP).

PR (ponto remoto) é o ponto no qual um observador consegue projetar a imagem nítida sem ter que fazer qualquer esforço de acomodação na retina. Neste caso, os músculos ciliares encontram-se relaxados e a lente atinge a distância focal máxima.

O ponto próximo (PP) é aquele no qual um observador consegue projetar uma imagem nítida na retina após um maior esforço de acomodação. Neste caso, os músculos ciliares estão contraídos e a lente assume a menor distância focal.

Segundo John W. Jewett, Jr. e Raymond A. Serway (2012, p.57), o ponto próximo é a distância mais próxima na qual o cristalino pode se acomodar para focalizar a luz na retina. Esta distância geralmente aumenta com a idade e tem valor médio de 25 cm. Aos 10 anos, o ponto próximo é de cerca de 18 cm; aos 20 anos, aumenta para aproximadamente 25 cm; aos 40 anos, para 50 cm; e, aos 60 anos, para 500 cm ou mais. Já o ponto remoto do olho representa a maior distância para a qual a lente natural (cristalino) do olho relaxado pode focar a luz na retina. Alguém com uma boa visão pode enxergar objetos a grandes distâncias e, dessa forma, tem um ponto remoto que pode se aproximar do infinito.

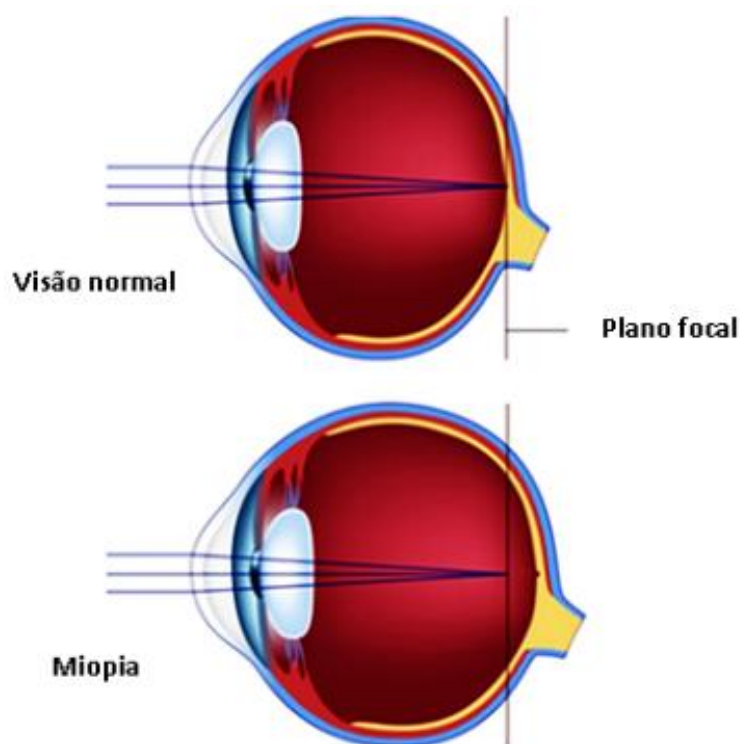
3.12.2 Problemas da visão e correção

Ao nos aprofundarmos no estudo da visão, notamos que as ametropias (defeitos de visão) são frequentes por questões hereditárias. Dessa forma, o nosso estudo será focado nos seguintes problemas visuais: miopia, hipermetropia e astigmatismo. Também será fornecido um breve comentário de modo a esclarecer sobre estrabismo, presbiopia e daltonismo.

3.12.3 Miopia e correção

A miopia surge quando o globo ocular se alonga na direção anteroposterior, como mostrado na figura 34.

Figura 34 - Defeito visual (miopia)



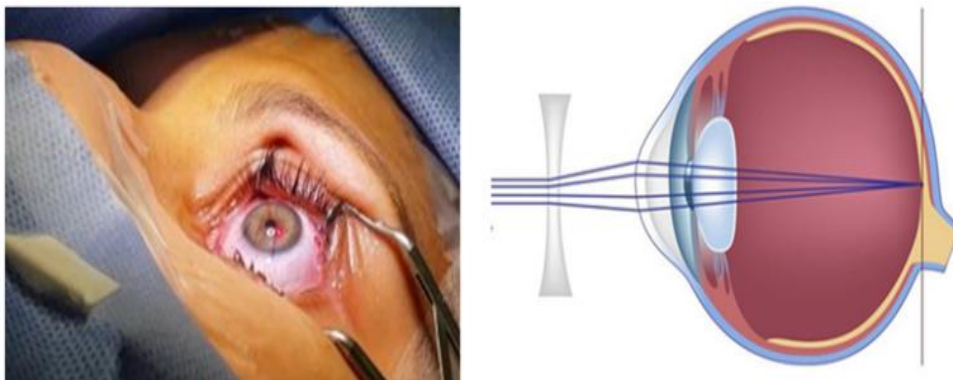
Fonte: Disponível em:

<http://www.iobbauru.com.br/team/cirurgias-miopia/>

Para o míope, o ponto remoto não está a uma distância adequada para objetos distantes, em comparação com um observador de visão normal. Quando o míope observa um objeto a grandes distâncias, ou seja, objeto situado no "infinito", projeta uma imagem real, situado antes da retina, que é enxergada desfocada (embaçada).

Além disso, para o míope, objetos que se encontram próximos terão uma boa acomodação visual, pois o ponto próximo, é mais próximo do olho que para o olho com visão normal. A correção é realizada através de uma cirurgia ou é feita usando lentes divergentes, que diminuem a miopia do sistema ocular. Veja na figura 33 abaixo.

Figura 35 - Defeito visual (miopia) e correção.



Fonte: <https://clinicaoftalmed.com.br/quem-pode-fazer-a-cirurgia-de-miopia/>

Lentes divergentes permitem ao míope uma acomodação visual de objetos impróprios, conjugando assim imagens virtuais, projetadas na retina. Sendo assim, as lentes divergentes devem ter uma distância focal (f) equivalente à distância do ponto remoto aos olhos. Daí, temos:

$$f = D$$

Com relação a vergência, temos que:

$$|V| = \frac{1}{D}$$

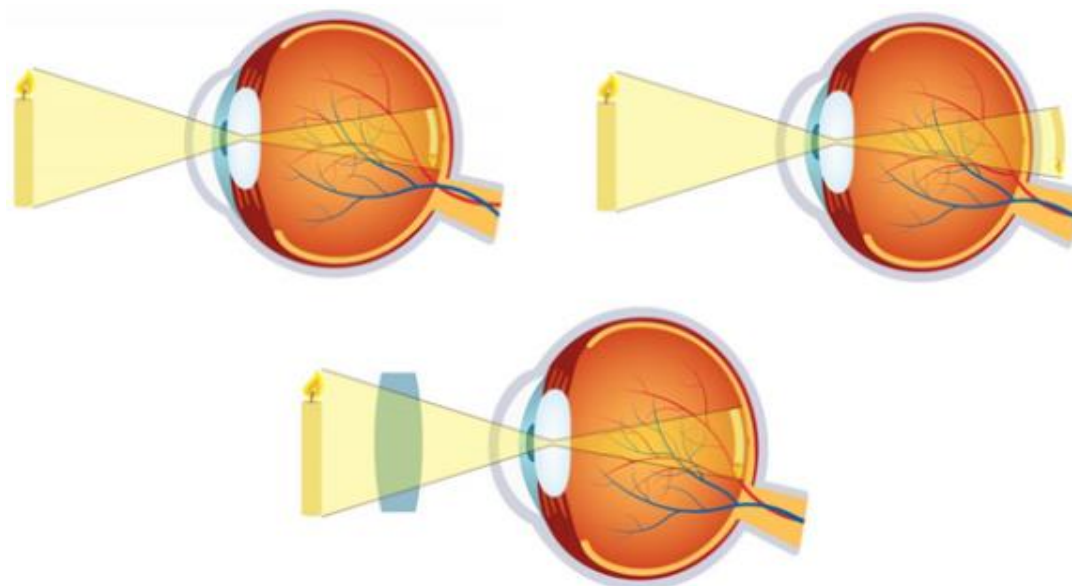
É importante destacar que as lentes dos óculos ou das lentes de contato são negativas, ou seja, o foco e a vergência são negativos ($f < 0$ e $V < 0$)

3.12.4 Hipermetropia e correção

A hipermetropia acontece quando o globo ocular é achatado na direção anteroposterior, ou seja, é o oposto do que ocorre na miopia, como mostrado na figura 34. Como consequência, a imagem dos objetos próximos é formada após a retina, o que não permite que as imagens sejam nítidas.

A correção visual para hipermetrope é realizada através de cirurgia ou com lentes convergentes. As lentes convergentes permitem que objetos reais próximos ao olho sejam vistos como imagens reais nítidas na retina. É importante notar que o ponto próximo do olho hipermetrope está situado mais distante do olho que o ponto próximo do olho normal.

Figura 36 - Defeito visual (hipermetropia) e correção.



Disponível em: <https://www.infoescola.com/visao/hipermetropia/>

De acordo com Ramalho, Nicolau e Toledo (2009, p. 366), é possível calcular a distância focal f da lente que corrige a hipermetropia, desprezando a distância entre a lente e os olhos, por meio da equação dos pontos conjugados. Na aplicação da Equação de Gauss, consideramos $D_i > 0$, porque a imagem conjugada pela lente corretiva é virtual.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_o} - \frac{1}{D_i}$$

Sendo $D_o = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$ e $D_i = -D_v$ (imagem virtual), em que D_v é a distância do ponto próximo do hipermetrope. obtemos:

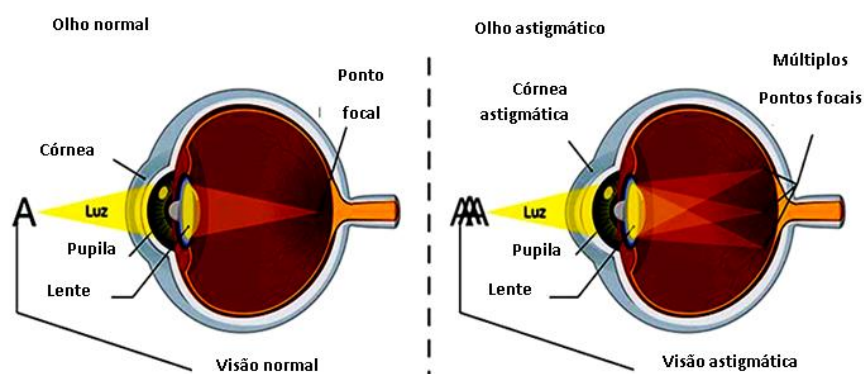
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{0,25} - \frac{1}{D_v} \quad \text{ou} \quad V = \frac{1}{0,25} - \frac{1}{D_v}$$

É importante destacar que as lentes utilizadas nos óculos ou nas lentes de contato são positivas, isto é, o foco e vergência são positivos ($f < 0$ e $V < 0$).

3.12.5 Astigmatismo e correção

Este problema visual é causado por imperfeições nas superfícies do globo ocular, que apresentam diferentes raios de curvatura, o que leva à falta de simetria de revolução em torno do eixo óptico (ver figura 37)

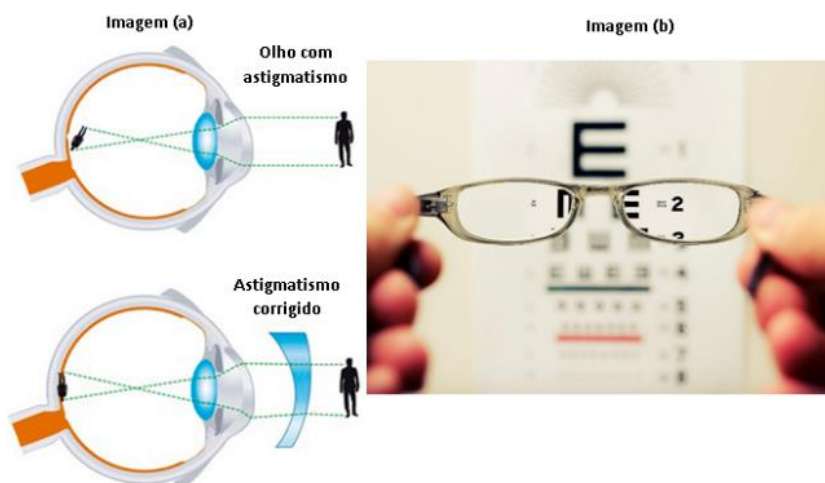
Figura 37 - Defeito visual (astigmatismo).



Fonte: Disponível em: <https://www.infoescola.com/visao/astigmatismo/>

De acordo com Biscuola, Doca e Newton (2012), o astigmatismo é causado por irregularidades na curvatura da córnea, que, eventualmente, afeta também as paredes da lente natural do olho. A correção é feita através do uso de lentes cilíndricas, que servem para compensar a assimetria do sistema óptico ocular, como mostrado nas imagens a e b da figura 38.

Figura 38 - a e b: Correção do defeito visual (astigmatismo)



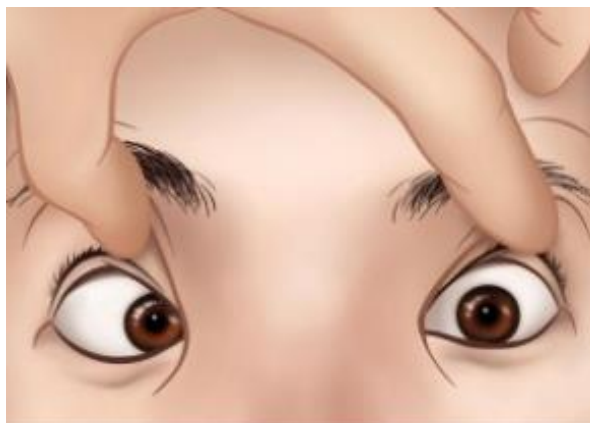
Fonte: Disponível em:

<https://saude.abril.com.br/medicina/astigmatismo-o-que-e/>

3.12.6 Estrabismo e correção

O estrabismo é uma imperfeição visual decorrente da falta de equilíbrio entre os músculos oculares, que não conseguem manter o paralelismo entre os dois olhos, que apontam em direções diferentes figura 39.

Figura 39 - Defeito visual (estrabismo).



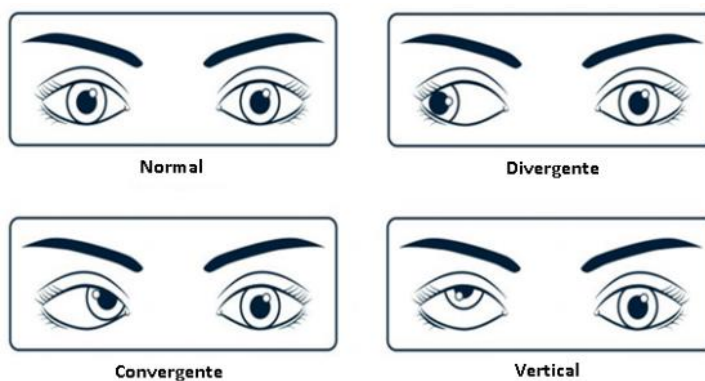
Fonte: Disponível em:

<https://hvilar.com.br/especialidades/>

A correção é possível com o uso de lentes prismáticas, exercícios para a musculatura que sustenta o olho ou, em casos mais extremos, cirurgia.

Jampaolo (2017) aponta que o estrabismo é uma das patologias oftalmológicas mais comuns — também denominada “olho torto” —, que se baseia, essencialmente, no desalinhamento dos olhos. Ele disse que, ao contrário de outras doenças oculares, o estrabismo pode ser de vários tipos figura 38, como, exemplo:

Figura 40 - Tipos de estrabismo.



Fonte: Disponível em: <https://www.clinicagonzalezcostea.es/estrabismo-convergente-y-divergente-causas-y-tratamiento/>

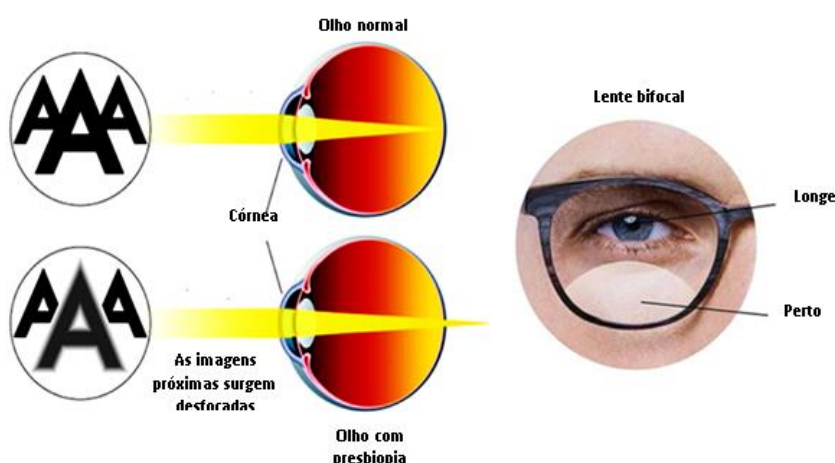
- Estrabismo convergente. Significa quando o olho é desviado em direção ao nariz;
- Estrabismo divergente. Quando o olho desvio é para o lado;
- Estrabismo vertical. Quando o olho é desviado para baixo ou para cima;
- Existem também alguns casos onde há uma combinação entre o desvio vertical e horizontal.

Ele também relata que as causas que levam um indivíduo a ter estrabismo são ocasionadas pelo cérebro, que controla as ações dos seis músculos responsáveis pelo alinhamento dos olhos. Portanto, existem alguns tipos de doenças que afetam o cérebro e os impulsos nervosos, e elas podem interferir e ocasionar o estrabismo. Algumas das doenças são: vários tipos de vírus, síndrome de Down, hidrocefalia, prematuridades, traumas no cérebro e tumores no crânio.

3.12.7 Presbiopia e correção

A presbiopia, também chamada de vista cansada, é um problema visual causado pelo enrijecimento dos músculos ciliares ou da própria lente natural com o aumento progressivo da idade. Costuma afetar sobretudo as pessoas com mais de 40 anos, causando a falta de nitidez de objetos próximos. Na imagem a seguir, é possível observar uma pessoa com presbiopia e a lente convergente que a corrige.

Figura 41 - Defeito visual (presbiopia).



Fonte: Disponível em: <https://www.provisu.ch/pt/doencas-oculares-mais-frequentes/presbiopia.html>

A presbiopia pode ser definida como a perda da elasticidade da lente natural (cristalino), que funciona como uma espécie de lente para focalizar as imagens de perto (Jampaulo, 2020). Trata-se de uma condição natural ao envelhecimento do corpo humano, que, em geral, acomete pessoas até os 50 anos de idade em graus leve, moderado ou agressivo. Embora não seja possível evitá-la, é possível retardá-la com os devidos cuidados com a vista e visita frequente ao oftalmologista.

De acordo com o que ele disse, além da idade (depois dos 40 anos) - o que é a causa mais comum da presbiopia -, outros fatores de risco podem causar a presbiopia precoce. São os seguintes: condições de saúde (anemia, diabetes, esclerose múltipla e doenças cardiovasculares); medicamentos, como antidepressivos, anti-histamínicos e diuréticos; e dietas não equilibradas.

Principais sintomas que um indivíduo adquiriu presbiopia são: visão borrada, dores de cabeça, fadiga ocular, manchas de visão de perto, vermelhidão, lacrimejamento, dor ao redor dos olhos e dificuldade no trabalho.

4 SEÇÃO

Os três momentos pedagógicos (3MP)

Delizoicov e Angotti (1992), fundamentados nos pensamentos de Paulo Freire, propõem uma metodologia de ensino pautada numa concepção freiriana⁷, a ser realizada em três momentos pedagógicos específicos e diferenciados como mostrado a seguir.

Problematização Inicial (PI): Nesse primeiro momento, o professor deve partir de situações nas quais os alunos promovam tempestades de ideias, saindo da zona de conforto, e dessa forma expondo o que pensam sobre as situações expostas na temática apresentada. Em relação à (PI), o professor tem a função de mediar a discussão, coordenar, levantar questionamentos e dúvidas sobre o tema abordado, bem como fortalecer a discussão como questionador e não como portador de respostas. O objetivo da (PI) é oferecer meios para que os alunos estimulem a criticidade quando se depararem com os questionamentos das situações propostas na discussão, isto é, tenham uma visão global e crítica sobre o assunto abordado.

Organização do Conhecimento (OC): É a etapa em que o professor apresenta de forma estruturada os conceitos científicos necessários para compreender as dúvidas oriundas da (PI). Além disso, os alunos devem ser incentivados a resolver problemas, através de atividades que os façam pensar, refletir, ter uma opinião e agir, para que possam se apropriar dos conhecimentos abordados.

Aplicação do Conhecimento (AC): Etapa na qual sistematiza o conhecimento. Nessa etapa, os alunos devem ter adquirido um repertório adequado de conhecimento para aplicar em situações reais do seu dia a dia, de tal forma que possam compreender, experimentar, calcular, reelaborar e resolver atividades diversificadas de conhecimento científico.

⁷ Freire (Ibidem) propõe que a organização curricular seja baseada em temas geradores, os quais são elaborados através de um processo denominado investigação temática. Essa, por sua vez, foi dividida em cinco etapas (levantamento preliminar, codificação, círculo de investigação temática, redução temática e trabalho em sala de aula) por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011, p.275), que estão sempre interagindo e influenciando-se mutuamente.

Paulo Freire (2009) salienta que a educação expressa crítica, que se constrói quando se passa da curiosidade inocente, arraigada pelo senso comum, para uma curiosidade epistemológica do aprendiz, guiada por princípios de conhecimento científico, a fim de ultrapassar o conhecimento espontâneo. No entanto, essa transposição não é automática, mas se dá através das perguntas feitas pelo professor mediador. Diante dessa situação, os estudantes são estimulados a pensar criticamente sobre as questões apresentadas. Do outro modo, ao se utilizar o MEGO, para que o professor faça perguntas, os alunos são incentivados a refletir, discutir e dar a sua opinião, o que, além disso, possibilita a interação com o grupo, remetendo a novos saberes que surgem. Dessa maneira, através de uma conversa entre o professor e o aluno, ambos os indivíduos adquirem, ao longo do processo, uma compreensão dos conhecimentos e das práticas envolvidas no tema proposto. Em suma, existem duas perspectivas distintas de mundo, mas elas são igualmente válidas. Sendo assim, é necessário aproximar essas perspectivas que se afastam do conhecimento do senso comum para o conhecimento científico.

“(...) o esforço do professor de estar sempre procurando compreender a fala do aluno e do contexto em que esse se situa, se no de sua cultura primeira ou no de conhecimento científico que está sendo introduzido. (...) Essa prática docente constitui, de fato, um desafio ao professor, uma vez que não se trata apenas de informar a existência de diferenças, mas também de ir fornecendo elementos contextuais que tornem possível ao aluno apropriar-se da visão do mundo em que a produção científica está inserida.” (Delizoicov, Angotti & Pernambuco, 2007, p. 197)

4.1 Produto educacional: aplicações dos 3mp com o uso da unidade didática (ud).

Segundo a Fundação Getúlio Vargas, a unidade didática é um conjunto de objetivos do ensino (noções, habilidades, teorias, leis etc.) reunidos em torno de uma ideia central (eixo motivador), constituindo um pequeno todo integrado, a ser devidamente incorporado no conjunto de aquisições do indivíduo, através dos seus esquemas de assimilação. ZABALLA (1999, p.193) relata que a unidade didática é um conjunto de atividades estruturadas e articuladas para a aquisição de um objetivo educativo em relação a um conteúdo correto. Nesse contexto, a unidade didática (MEGO) é um complemento da dissertação apresentada ao Mestrado Nacional

Profissional em Ensino de Física (MNPEF) no polo 10 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN.

Contudo, as atividades desenvolvidas ao longo da unidade didática (MEGO) despertarão nos alunos uma tempestade de ideias que irão de encontro às suas concepções espontâneas, pois se tratam de: problematizações iniciais (disparadores), e atividades experimentais. Aliás, eles poderão conseguir refazer as respostas das questões mediante as discussões que surgirão ao longo da aplicação das atividades.

A unidade didática (UD) que será apresentada nesta dissertação, e que está associada ao MEGO (Modelo de Ensino Guiado por Objetos), tem como principal objetivo guiar a transposição didática do ensino da óptica. Junto à aplicação dessa (UD), foram elaboradas apresentações em power point (imagens, tirinhas, fotografias), construção experimental da câmara escura (roteiro), bem como atividades diagnósticas.

No que diz respeito às imagens, tirinhas e fotografias, usamos apresentações em power point para estabelecer conexões visuais entre aquilo que eles conhecem sobre fenômenos, leis e princípios (ver quadros de figuras abaixo), bem como detectar as possíveis lacunas de aprendizagens. Após o término das discussões provocadas pela apresentação no power point, realizamos uma atividade diagnóstica.

Quanto à construção experimental da câmara escura, ela pode permitir que os alunos reconstruam conceitos espontâneos, uma vez que experimentarão na prática a formação da imagem e, conseqüentemente, sua projeção, a partir de um momento prático, desafiador e lúdico.

Segundo Delizoicov e Angotti (1990, p. 29), para compreender o tema e problematizar inicialmente, é necessário organizar os estudos de forma sistemática, com a mediação do professor. Sendo assim, as definições, generalizações, conceitos, relações, princípios e leis discutidos nas atividades anteriores serão agora explorados com mais profundidade. Dessa forma, eles apontam a importância de diversificar as atividades para que se possa trabalhar na organização do aprendizado.

Portanto, o uso do produto educacional se torna relevante, pois promove uma aprendizagem rica e significativa, como descrito mais à frente.

4.2 Perfil da escola e a aplicação do produto educacional (UD)

A unidade didática foi elaborada para cinco aulas de cinquenta minutos cada, para as duas turmas da 2ª Série do Ensino Médio. No entanto, dado que estamos em um momento anormal devido à pandemia da covid-19, a instituição de ensino selecionada para a aplicação do produto educacional foi o Expansivo Colégio e Curso — Unidade: Planalto, com um sistema de ensino híbrido, e sou parte da instituição como professor de Física no Ensino Médio.

Na ocasião, serão apresentadas as atividades variadas (ativas) + construção do MEGO, para as duas turmas da 2.ª série, com 32 alunos cada, mas, apenas 8 alunos, 4 de cada turma, participarão ativamente do processo devido ao momento atípico.

A seguir, apresentamos um quadro resumo da Sequência de Aulas aplicadas em cada encontro da UD.

4.3 Quadro resumo

Apresentamos um breve resumo que, de maneira objetiva e clara, mostra as ações, objetivos, atividades, encontros e a sua duração. A descrição detalhada de cada encontro será apresentada mais adiante nessa seção e na próxima.

Segue abaixo o quadro resumo da Sequência de Aulas aplicada em cada encontro.

Quadro 1 - Sequência de Aulas aplicada a cada encontro. Natal-RN, 2021 e 2022.

Ação	Formulação dos objetivos de aprendizagem para a sequência de aulas.	Atividades que visam atingir os objetivos de aprendizagem.	Duração de cada encontro
Identificar Reelaborar	Identificar fenômenos físicos, objetos, fontes, outros.	Atividade 1: Elaboração, classificação e atividade diagnóstica.	Aula 1: 100 min
Explicar Medir Construir Reconhecer Sentir Descrever	Explicar, medir e construir a câmara escura ("Olhando por dentro da caixa")	Atividade 2: Atividades experimentais: "Olhando por dentro da caixa" (câmara escura) e "Sala escura".	Aula 1: 100 min

Quadro 1 - Sequência de Aulas aplicada a cada encontro. Natal-RN, 2021 e 2022 (Conclusão).

Parecer (feedback) Explicar Classificar Relacionar Reestruturar	Retornar e explicar as experiências vivenciadas, além de relacionar, reestruturar a tabela de conceitos.	Atividade 3: Feedback dos alunos e construção da tabela (2) de classificação e de conceitos.	Aula 1: 100 min
Reelaborar Descrever	Reelaborar e descrever os conceitos relacionados ao estudo da óptica geométrica e da visão.	Atividade 4: Apresentação de fotografias, figuras.	Aula 1: 100 min
Oportunizar Reconstruir Revisitar	Revisitar Oportunizar e reconstruir os conceitos físicos.	Atividade 5: sorteio denominado “Abra Cadabra” e avaliação diagnóstica com quatro questões.	Aula 1: 100 min
Despertar Manipular Construir Medir	Despertar e manipular (interação virtual) medir e construir (MEGO).	Atividade 6: Atividades simulacionais, construção do MEGO e avaliação diagnóstica com quatro questões.	Aula 1: 100 min

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

4.4 Metodologia Aplicada a Unidade Didática (UD)

Primeiro Encontro

Em 10 de março de 2021, solicitei permissão à direção e à coordenação da instituição de ensino na qual leciono para aplicar a Produto Educacional (PE) no mês de maio e a resposta foi favorável.

A coordenação pedagógica concordou que o pesquisador, com os alunos, poderá desenvolver a Unidade Didática (UD) e o Produto Educacional (PE) nas quintas-feiras a cada 15 dias, em seis encontros, cada qual correspondendo a duas aulas de 50 minutos, conforme sugerido pelo pesquisador.

É importante ressaltar que a instituição ainda funcionava presencialmente quando a permissão foi solicitada.

No entanto, uma vez que a pandemia (Covid-19) já havia avançado, no mês de maio não foi possível aplicar o Produto Educacional (PE), adiando a aplicação para uma data mais adequada.

Em 5 de agosto de 2021, os estudantes retornaram as atividades educacionais.

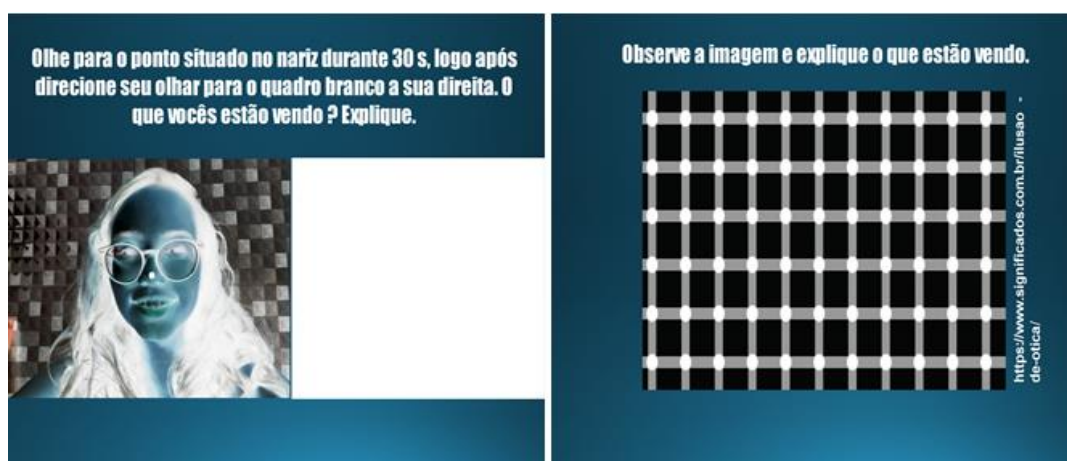
Dessa maneira, tive a oportunidade de conversar sobre o Produto Educacional (PE) com as turmas A e B, da 2ª série do ensino médio. As turmas A e B, são compostas por 30 e 32 alunos, respectivamente. Desse total, oito estavam em regime presencial, quatro de cada turma, enquanto os outros, devido à pandemia, seguiam o regime de ensino à distância.

Em termos de Produto Educacional (PE), foram discutidos o número de aulas e atividades ativas⁸ que seriam mediadas para as duas turmas.

Após conversar, sobre o uso dos recursos tecnológicos (computador, projetor multimídia e power point), apresentamos dez imagens com problematizações iniciais, de modo a despertar questionamentos nos estudantes, para, dessa maneira, obter as respostas aos questionamentos iniciais.

Abaixo segue as dez imagens com problematizações iniciais.

Figura 42 - Ilusões de óptica 1.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

⁸ Na atividade ativa, o aluno não somente ouve o conteúdo, mas também executa atividades que o auxiliam a aprender. Moran (2018, p. 2) sustenta que a aprendizagem mais intensa requer espaços de prática recorrentes (aprender fazendo) e ambientes com diversas oportunidades. Dessa forma, é importante incentivar o estímulo multissensorial e a valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes para "ancorar" os novos conhecimentos.

Figura 43 - Ilusões de óptica 2.



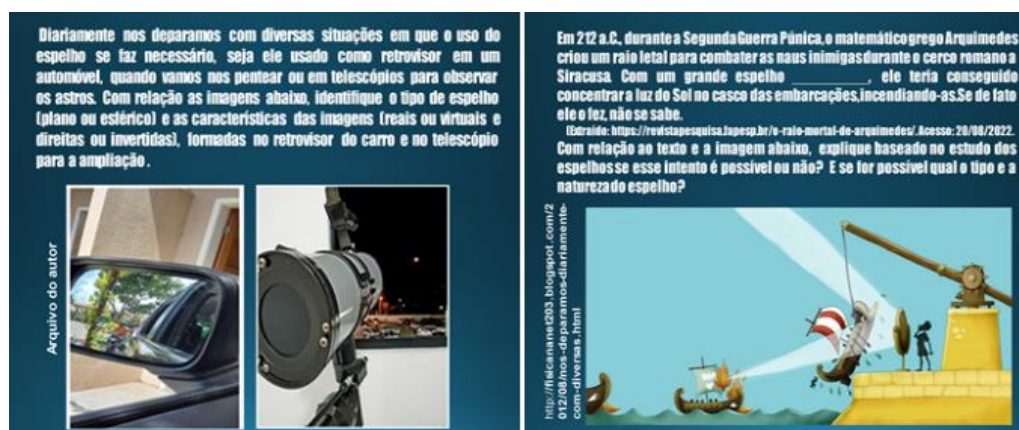
Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Figura 44 - Princípio da propagação retilínea da luz e dispersão luminosa.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Figura 45 - Espelho convexo, telescópio e espelho côncavo.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Figura 46 - Princípio da propagação retilínea da luz e defeito visual (presbiopia).

No dia a dia é comum pessoas emetropes (visão normal), como também ametropes (defeitos de visão) enxergar objetos e coisas. Por outro lado, a imagem abaixo sinaliza um trajeto de dois raios de luz, com relação a esses raios, a luz converge (entra) ou diverge (sai) do globo ocular? Explique.



Situação como essa apresentada na tirinha, assemelha a contextos vivenciados por nós. Provavelmente, na sua casa algum familiar utiliza algum tipo de óculos para visualizar melhor objetos e coisas. Com relação a tirinha, para o pai enxergar o objeto é necessário que haja a reflexão? Quanto a luz, converge (entra) ou diverge (sai) do globo ocular? E qual o possível defeito de visão mais adequado para essa situação? Explique.



Texto adaptado pelo autor.
[https://www.pinterest.nz/pin/352828952056398312/?amp_client_id=CLIENT_ID\(_\)&mweb_uauth_id=&simplified=true](https://www.pinterest.nz/pin/352828952056398312/?amp_client_id=CLIENT_ID(_)&mweb_uauth_id=&simplified=true)

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Com a apresentação e as problematizações iniciais com uso power point, foram selecionadas oito respostas, quatro de cada turma, para registro no caderno.

A seleção foi necessária porque há um grande número de estudantes de duas turmas que estão fazendo aulas online.

As ideias foram produzidas e houve debates entre os alunos a respeito da atividade proposta.

Os quadros a seguir apresentam as respostas registradas no caderno (mais adiante será registrada na lousa a pedido do professor), respeitando as falas de cada um. Os alunos serão classificados pelas letras A, B, C e D (turma A) e X, Y, Z e W (turma B) por questões éticas.

Quadro 2 - Fala do aluno A.

Aluno A (figura 40): O primeiro slide, consegui ver perfeitamente a garota depois que concentrei no ponto branco e olhei para parte branca ao lado, mas no segundo slide não vi diferença alguma, só esqueci o nome dessas “formas físicas”.

Aluno A (figura 41): O slide três acho que é possível, porque lá em casa tem uma fotografia antiga parecida com essa, minha mãe segurando o Sol, mãe nessa época namorava com meu pai e acho que não existia celular. Já o slide quatro, achei interessante por que me confundi várias vezes, no lugar de falar as cores insistia em falar o nome das palavras, é a mesma “forma física” dos slides anteriores que não me recordo agora, e quanto a luz sobre as letras as cores ficariam misturadas.

Aluno A (figura 42): O slide cinco consta do entardecer do dia com raios de luz inclinados e bem retos, iluminando a barraca de camping, já no slide seis, aparecimento do arco-íris, os dois slides são duas “formas físicas”.

Aluno A (figura 43): O slide sete o espelho retrovisor é plano utilizado para facilitar a visão dos motoristas e dessa forma eles conseguem enxergar os carros que vem atrás e como se pode observar na imagem a pessoa sobre a moto está projetada dentro do espelho e como é uma pessoa de verdade é fácil deduzir que é real e direita, porque não está de “cabeça para abaixo” e ao lado um telescópio para observar os astros, a imagem observada continua sendo real, porque conseguimos ver os astros do mesmo modo, enquanto no slide oito, acho que isso não seria possível por que espelho não tem função de queimar objetos e sim! Tem função ver objetos e coisas, como no espelho retrovisor.

Aluno A (figura 44): O slide nove a luz sai do olho (diverge), porque se entrar no olho ficaríamos cegos, é tanto quando estamos recebendo a luz do Sol muito forte fechamos os olhos, portanto, se a luz entrasse nos nossos olhos não enxergaríamos absolutamente nada. No slide dez, não é necessária a reflexão, pois o pai que apresenta sério problema de visão, provavelmente miopia, não tenho muita certeza.

Quadro 3 - Fala do aluno B.

Aluno B (figura 40): No primeiro slide tive dificuldades para enxergar a garota, porém no segundo slide percebi quando mudava o foco o branco ficava preto e o preto ficava branco e isso se chama ilusão de óptica.

Aluno B (figura 41): O slide três e quatro corresponde mais uma vez as ilusões de óptica e já tinha visto imagens parecidas, principalmente essas das cores e palavras na internet, mas confunde mesmo! Quando precisamos falar as cores rápido, pois a todo tempo queremos pronunciar as palavras. Com relação à luz azul sobre as palavras, as de cores fracas ficariam mais fortes e as de cores fortes ficariam mais fortes ainda.

Aluno B (figura 42): O slide cinco, identifiquei que os raios de luz são retos, inclinados e afastados uns dos outros, mas ilumina bem a barraca, enquanto no slide seis surgimento do arco-íris, mas não sei explicar como.

Aluno B (figura 43): O slide sete, o espelho externo do carro é plano com “graus”, pois a imagem projetada é menor e como se trata de uma pessoa real sobre a moto a imagem fornecida pelo espelho plano do retrovisor é real e direita, e ao lado um telescópio que também projeta imagem real. No slide oito, acho que isso não seria possível por que o espelho não é uma lente como uma lupa, com a finalidade de concentrar energia.

Aluno B (figura 44): O slide nove, a luz deve sair dos olhos (diverge) da criança para poder enxergar, caso contrário não enxergaria nada. Já no slide dez, não é necessária a reflexão, uma vez que o pai usa óculos e apresenta miopia ou talvez hipermetropia, e dessa forma prejudicaria ainda mais a leitura do que estava inscrito no papel. Quanto a luz entrar ou sair dos olhos, é obvio que deve sair dos olhos, porque se entrar “ficaríamos como cego”, é fácil perceber quando direcionamos a luz da lanterna do celular para os olhos não enxergarmos completamente nada, por isso, a luz deve sair.

Quadro 4 - Fala do aluno C.

Aluno C (figura 40): No primeiro slide, só consegui enxergar a garota na forma de radiografia como apresentado, porém, no segundo slide, percebi quando mudava a visão os pontos ficavam piscando como se fosse um vaga-lume, hora, escuro, hora, aceso, portanto, são ilusões de óptica.

Aluno C (figura 41): O slide três e quatro: são ilusões de óptica. Já, a luz azul sobre as palavras, as de cor clara ficaria mais escura (amarelo), e as de cores escuras (verde, azul, vermelho e preto) continuariam da mesma forma.

Aluno C (figura 42): O slide cinco, identifiquei que os raios de luz estão inclinados, mas, retos, iluminando a barraca com um pouco de sombra, enquanto no slide seis a formação do arco-íris, é devido à densidade do ar nas montanhas diferir da nossa, eu acho.

Aluno C (figura 43): O slide sete, o espelho externo do carro não pode ser esférico por que não tem forma esférica, daí conclui-se que é plano, a imagem é real e direita, e ao lado um telescópio que também fornece mesmo tipo de imagem. No slide oito, a situação é impossível porque seriam necessários muitos espelhos para haver uma boa concentração de energia e consequentemente a queima da vela do navio.

Aluno C (figura 44): O slide nove, a luz sai dos olhos (diverge) do menino para poder ver a vela e as coisas ao seu redor, se fosse ao contrário os olhos ficariam embaçados e lacrimejando-os devido ao fluxo luminoso. Já no slide dez, não é necessária a reflexão, mas absorção, uma vez que a luz sai dos olhos e, é absorvida pela vela e os objetos ao seu redor, quanto ao problema de visão do pai não sei bem ao certo, mas vou chutar em uma miopia, já que é muito comum esse problema de visão nas pessoas.

Quadro 5 - Fala do aluno D.

Aluno D (figura 40): O primeiro slide, fiquei impressionado como nosso cérebro consegue adaptar e organiza a imagem da garota da mesma forma, pois consegui ver a cor da pele, dos cabelos..., perfeitamente. No segundo slide, ao mudar a visão de um lado para o outro, tive a impressão que os pontos estavam piscando como estrelas no espaço sideral, esse fenômeno é conhecido como ilusão de óptica.

Aluno D (figura 41): O slide três e quatro são ilusões de óptica e já tinha vistos imagens semelhantes na internet, quanto a luz azul incidida sobre as palavras a haveria uma mistura de cores.

Aluno D (figura 42): O slide cinco, o fenômeno identificado é a reflexão, enquanto no slide seis a formação do arco-íris devida as nuvens carregadas com água, semelhantemente, é quando estamos lavando algo com uma mangueira e lançamos o jato de água para cima, surge um pequeno arco-íris.

Aluno D (figura 43): O slide sete, o espelho retrovisor do carro é esférico e a imagem formada deve ser real e direita, pois o objeto que se encontra projetado no espelho é real, quanto ao telescópio a imagem também será real. No slide oito, a situação é possível para agora, porque existem espelhos esféricos que concentram bastante energia.

Aluno D (figura 44): O slide nove, a luz entra nos olhos (converge) do menino para que ele possa visualizar a vela, por isso em um ambiente escuro não conseguimos enxergar coisa nenhuma. Já no slide dez, é necessária haver reflexão, para o pai poder visualizar melhor a conta do cartão, até porque ele possui vista cansada, problema que afeta pessoas com idade mais avançada.

Quadro 6 - Fala do aluno W.

Aluno W (figura 40): No primeiro slide, não consegui perceber a menina, apenas a foto parecendo uma imagem de radiografia, mas no segundo slide, quando mudava o olhar percebi um pisca-pisca, semelhante às estrelas, ilusão de óptica.

Aluno W (figura 41): O slide três, as pessoas combinaram para registrar o momento por uma fotografia, daí duas pessoas posicionaram a uma certa distância de tal forma que o fotografo conseguiu enquadrar nas mãos da moça. Já o slide quatro, quando li devagar consegui, mas se a leitura for rápida fazemos confusão e consequentemente trocamos as cores pelas palavras, ambos os slides também são ilusões de óptica.

Aluno W (figura 42): O slide cinco, a luz do Sol refletindo sobre uma barraca de acampamento projetando luz e um pouco de sombra. No slide seis, temos o fenômeno do arco-íris promovido pela luz ao passar pelas nuvens carregadas de água.

Aluno W (figura 43): O slide sete, o espelho externo do carro é plano, formando imagem é real e direita, no slide ao lado, telescópio que também projeta imagem real e direita. No slide oito, não acredito que um espelho possa queimar um navio, ou seja, lá o que for.

Aluno W (figura 44): O slide nove, a luz sai e entra nos olhos (diverge e converge) da criança, dessa forma ele consegue ver a vela acesa. Já no slide dez, não é necessária a reflexão, porque a luz ao sair do globo ocular é absorvida pela vela e ao entrar sofre refração. O problema de visão do pai da menina que usou o cartão é a vista cansada junto a hipermetropia ou miopia.

Quadro 7 - Fala do aluno X.

Aluno X (figura 41): O primeiro slide, ao fixar no ponto situado no nariz e piscar os olhos, consegui perceber a menina normal sem impressão de foto de imagem negativa. O segundo slide, ao mudar a posição do olhar, os pontinhos antes brancos ficaram pretos e os pretos ficaram brancos, piscando como se fossem estrelas.

Aluno X (figura 42): O slide três, sim. É só as pessoas ficarem situados distantes da câmera fotográfica numa posição adequada pelo fotógrafo. O slide quatro, acho que o nosso cérebro já é programado para traduzir as palavras automaticamente, por isso fiquei confuso.

Aluno X (figura 43): O slide cinco, está acontecendo a refração e reflexão da luz do Sol, a luz passa pelas nuvens refletida para vários espaços. O slide seis, as gotas de água separam a luz do Sol nas cores primárias.

Aluno X (figura 44): O slide sete, o espelho do lado de fora do carro é plano e forma a imagem dentro do espelho, real e direita, o telescópio também forma imagem real e direita, por isso, quando observa as estrelas, a lua, os planetas observamos do mesmo jeito. O slide oito, pela imagem evitar o espelho é esférico “arredondado” e a imagem formada é real e direita, agora acho que não conseguiria queimar um navio.

Aluno X (figura 45): O slide nove, observando a imagem converge e diverge, mas isso depende: se for pela manhã a luz sai, agora se for a noite a luz entra no globo ocular, para vermos melhor. No slide dez, é necessário, sim, que haja reflexão para o pai poder enxergar, por isso, deve divergir e convergir a luz. O defeito de visão é o astigmatismo e miopia, pois ele não consegue ver de perto, mesmo problema que eu tenho.

Quadro 8 - Fala do aluno Y.

Aluno Y (figura 40): O primeiro slide, consegui ver uma sombra da menina quando fixei o olhar para o espaço em branco, esse efeito é conhecido como ilusão de óptica. O segundo slide, quando mudava o olhar, os pontos pretos ficavam brancos e os brancos ficavam pretos, parecia um vaga-lume acedendo e apagando sua luz.

Aluno Y (figura 41): O slide três, é possível, sim, basta apenas as pessoas posicionarem longe da câmera fotográfica para ocorrer a projeção da imagem não mão da mulher. O slide quatro, é mais fácil falar as palavras ao invés das cores, pois nosso cérebro está condicionado a ler qualquer coisa, pois desde pequenos somos estimulados a ler, por isso que confunde tanto. Já com relação luz azul incidida, acho que as cores iriam mudar e não seriam as que vemos.

Aluno Y (figura 42): O slide cinco, espalhamento da luz do Sol em linhas retas formando uma pequena região de sombra nos cantos e nas laterais da barraca. O slide seis, dispersão das cores quando a luz penetra nas nuvens com água gerando o arco-íris.

Aluno Y (figura 43): O slide sete, o espelho do retrovisor é esférico, as imagens formadas são virtuais e direitas. O slide oito, o espelho é esférico, e acho que é possível concentrar energia com espelho côncavo ocasionando incêndio, pois recentemente o noticiário da Inter TV Cabugi, noticiou sobre a concentração da luz do Sol em um espelho côncavo que incendiou umas roupas e graças, agilidade da família não houve consequências maiores.

Aluno Y (figura 44): O slide nove, a luz deve sair dos olhos (diverge) da criança para que ele possa ver a vela, na minha concepção não tem como a luz entrar no globo ocular, porque ficaríamos encandeados e, não enxergaríamos nada. O slide dez, não é necessário reflexão da luz, uma vez que para vemos objetos e coisas ao nosso redor a luz deve sair dos olhos, portanto, diverge. O problema de visão é presbiopia, o mesmo que meu pai e minha mãe têm quando lê alguma coisa.

Quadro 9 - Fala do aluno Z.

Aluno Z (figura 40): Professor vi esse conteúdo no nono, antes de estudar nessa escola. Mas, vamos lá! O primeiro slide, consegui ver a garota perfeitamente. O segundo slide, ao mudar a visão os pontinhos brancos ficaram pretos e os pretos ficaram brancos, que show! Isso caracteriza uma ilusão de óptica.

Aluno Z (figura 41): O slide três, sim, é só as pessoas ficarem longe da câmera fotográfica que dá certo, inclusive já vi fotos parecidas de colegas e também na internet, tem até vídeos explicando. O slide quatro, fiquei enrolado, pois trocava a cor pela palavra, gostei! Ambos os slides são também ilusões de óptica.

Aluno Z (figura 42): O slide cinco, espalhamento da luz do Sol, com luz e sombra na barraca. O slide seis, difusão das cores quando a luz penetra nas nuvens com água gerando o arco-íris.

Aluno Z (figura 43): O slide sete, o espelho do retrovisor é convexo, as imagens formadas são virtuais e direitas. O slide oito, o espelho é esférico côncavo, semelhante ao forno solar da feira de ciências da escola que estudei antes daqui.

Aluno Z (figura 44): O slide nove, a luz deve sair dos olhos (diverge) do menino. O slide dez, não precisa de reflexão da luz, pois a luz diverge do globo ocular. O problema de visão é astigmatismo e também miopia, pois sofro desse mesmo problema.

Dessa forma, os alunos foram incentivados a registrar, na lousa (com a orientação do professor), as respostas anotadas nos seus cadernos, destacando os objetos, fenômenos, a biofísica, as fontes e as imagens, para, assim, retomar e discutir os temas, gerando a tabela de classificação que segue.

Tabela 1 - Classificação (1) dos conceitos a serem retomados durante o processo.

Objetos ópticos	Fenômenos ópticos	Biofísica	Fontes de luz e entes matemáticos	Imagens
Celular	Ilusão de óptica	Globo ocular	Vaga-lume e estrelas – (Sol) (Fonte primária)	Reais
Câmera fotográfica e fotografia	Reflexão da luz	Cérebro	Lua e planetas (Fonte secundária)	Virtuais
Óculos (lentes)	Absorção da luz	Miopia, hipermetropia e presbiopia (vista cansada)	Luz e sombra	Radiografia
Espelhos planos e esféricos (retrovisor e forno solar)	Arco-íris, dispersão e difusão	Ilusão de óptica	Retas e pontos	Negativo (foto)
Lupa	Refração da luz	Cor clara e escura (cones e bastonetes)	Luz e sombra	Maior, menor e igual (mesmo tamanho)
telescópio	Luz atravessando nuvens carregadas com água (arco-íris)	Vaga-lume	Fluxo luminoso	Direita e invertida

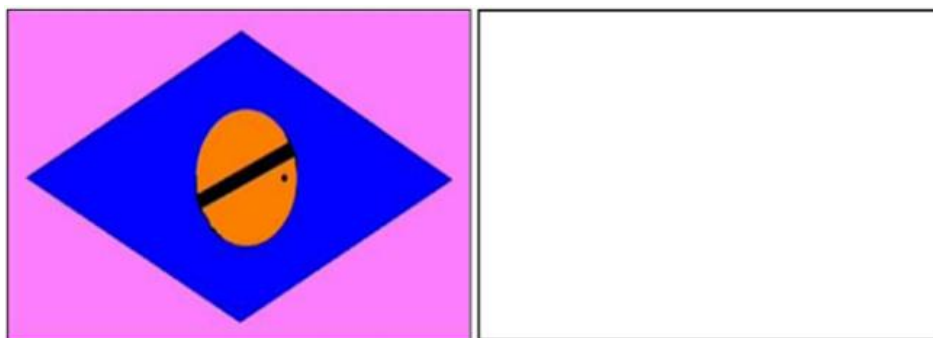
Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Em seguida, aplicou-se um teste diagnóstico no google forms com quatro questões objetivas de múltipla escolha sobre os conceitos fundamentais da óptica geométrica, os quais são fundamentais para a realização bem-sucedida da Unidade didática.

Questões da atividade diagnóstica - 1

1. Ao concentrarmos nosso olhar no ponto preto da imagem por alguns segundos e em seguida olharmos para parte branca ao lado surge a bandeira do Brasil com suas cores reais. Isso ocorre mais provavelmente devido aos fenômenos:

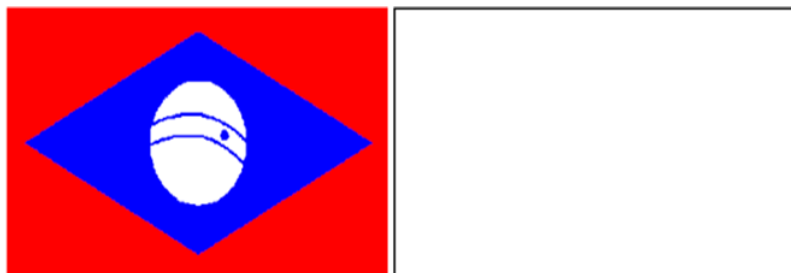
Figura 47 - Bandeira 1 (ilusão de óptica).



Fonte: Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/506303183109123117/>

- a) dispersão luminosa na sua variação de cores - globo ocular para poder enxergar a bandeira nas suas cores originais - divergência porquê a luz sai do olho.
 - b) dispersão luminosa na sua variação de cores - ao cérebro para interpretar a imagem projetada na retina - divergência porquê a luz sai do olho.
 - c) reflexão luminosa – refração nos elementos que constitui o olho - convergência luminosa para o cérebro interpretar a imagem projetada na retina.
 - d) refração luminosa – globo ocular para poder enxergar a bandeira nas suas cores originais - divergência luminosa para o cérebro interpretar a imagem projetada na retina.
2. Trocando as cores apresentadas na imagem da figura 46 acima, pelas cores: vermelho no retângulo, azul no losango e branco no círculo, ocorreria o mesmo fenômeno (figura 48). Essa situação é justificada porque:

Figura 48 - Bandeira 2 (ilusão de óptica).



Fonte: Disponível em:

<https://ilusoecilusoes.blogspot.com/2011/06bandeira.html>

- a) Os cones são responsáveis pela visão central, gradação de cores, portanto, o globo ocular para enxergar a bandeira nas suas cores originais é necessário que haja divergência luminosa.
- b) Os cones são responsáveis pela visão central, gradação de cores, portanto, o globo ocular para enxergar a bandeira nas suas cores originais é necessário que haja convergência luminosa.
- c) A córnea é o elemento principal para que ocorra refração dos raios luminosos e consequentemente a convergência das cores na retina.
- d) A córnea reflete os raios luminosos para divergir a imagem das cores na retina.

3. Dois alunos **1** e **2**, após assistirem a aula de óptica geométrica deram as seguintes explicações a respeito das histórias em quadrinhos dos super heróis: Ciclope, Capitã Marvel e Superman (figura 49), como mostrado abaixo.

Figura 49 - Propagação retilínea da luz.

Aluno (1): Se os raios divergissem dos olhos, queimaria os elementos que constitui o globo ocular e em particular, a retina, ficando completamente cego.

Aluno (2): Além da luz não divergir dos olhos, o laser vermelho é muito fraco, não deixando "rastros", não esquenta nem um cafezinho, quanto mais cortar ferro. Quem poderia fazer algo assim seria o laser azul e o verde, são mais fáceis de observar o "rastros", pois eles colidem com as moléculas de água e partículas do ar, consequentemente os olhos teria maior sensibilidade a essas cores.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Segundo as Ciências Naturais, a alternativa que melhor representa as explicações dos alunos **1** e **2** é:

- a) Somente o aluno **1** está correto.
- b) Somente o aluno **2** está correto.
- c) Os dois alunos estão corretos.
- d) Os dois alunos estão errados.

4. Observe atentamente a imagem abaixo. Temos uma placa metálica de fundo preto sobre a qual foram escritas palavras com cores diferentes.

Figura 50 - Incidência da luz monocromática azul sobre placa de cores distintas.



Fonte: Questão PUC-SP

Supondo que as cores utilizadas sejam constituídas por pigmentos puros, ao levarmos essa placa para um ambiente absolutamente escuro e a iluminarmos com luz monocromática azul, as únicas palavras e cores resultantes, respectivamente, que serão percebidas por um **observador de visão normal, são:**

- a) (PRETO, AZUL e VERMELHO) e (azul)
- b) (PRETO, VERDE e VERMELHO) e (preto e azul)
- c) (PRETO e VERMELHO) e (preto, azul e verde)
- d) (VERDE) e (preto e azul)

As avaliações diagnósticas são importantes para direcionar a unidade didática, pois fornecem subsídios ao professor para ajustar o tipo de atividade que deseja desenvolver, usando como base os conhecimentos prévios dos alunos.

Para fins éticos, na atividade seguinte, os alunos das turmas das 2ª séries A e B permanecerão sendo identificados por letras.

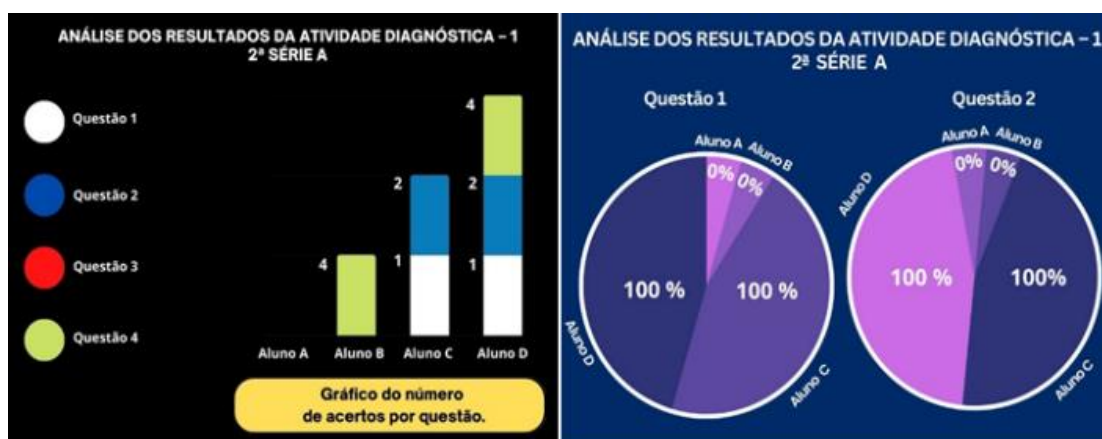
No tópico seguinte, serão mostrados os resultados quantitativos e qualitativos da atividade diagnóstica 1 para as turmas A e B.

4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA ATIVIDADE DIAGNÓSTICA 1 – TURMA A

A atividade diagnóstica, composta por quatro questões de múltipla escolha, foi aplicada no *google forms* com o objetivo de identificar, verificar e avaliar o conhecimento dos alunos a respeito do estudo da Óptica Geométrica e da Visão. A atividade contou com a participação de oito alunos, sendo quatro da 2ª série A e os outros quatro da 2ª série B.

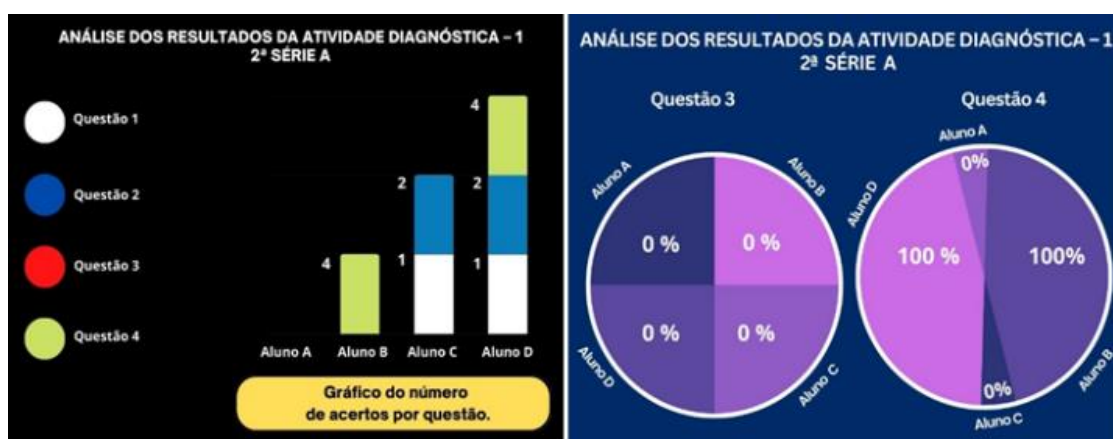
Os gráficos panorâmicos⁹ mostram os resultados da análise quantitativa da atividade diagnóstica 1, em termos de porcentagens de acertos por questão.

Gráficos Panorâmicos 1 – Atividade Diagnóstica – 1 - Turma A



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Gráficos Panorâmicos 2 – Atividade Diagnóstica 1 – Turma A



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

⁹ Chamamos de "gráficos panorâmicos", os gráficos 1 a 4, pois a visualização e interpretação são mais simplificadas. Em anexo, à dissertação, estão os formulários e as análises gráficas fornecidas pelo google forms dessa atividade diagnóstica.

Aluno A não demonstrou ter assimilado os conceitos aprendidos durante a base escolar¹⁰ (Ensino Fundamental II) e não acertou nenhuma questão (0% de acerto).

O **aluno B** acertou somente a quarta questão (25% de acerto), revelando dificuldades na compreensão dos conceitos. Ademais, tanto o **aluno A** quanto o **aluno B** estão fundamentados em conceitos do senso comum (luz que sai do olho), demonstrados nas falas em grupo e na análise dos dados através do gráfico.

O **aluno C** (50% de acertos) apresentou dificuldade nas questões três e quatro. Ele narra que a terceira questão era composta por diversos dados, dificultando a identificação das palavras-chave para compreensão do texto, o que gerou a sua indecisão entre as alternativas a e c, assinalando a letra (a) que estava incorreta. Em relação à quarta questão, ele aponta que errou por descuido.

O **aluno D** (75% de acertos) apresentou poucas dificuldades conceituais, sustentou que errou na leitura da questão três, o que gerou dúvidas entre as alternativas a e c, assinalando a letra (a) que estava incorreta. Ainda afirmou que, se tivesse dado mais atenção, teria garantido os 100% de acertos.

É relevante salientar que, nas discussões, os **alunos C** e **D** foram os que mais se envolveram ativamente na elaboração da tabela de classificação, assim como nas discussões que surgiram nas apresentações das atividades.

A atividade permitiu identificar lacunas de aprendizagem conceituais nos **alunos A** e **B**, como mostra a análise quantitativa.

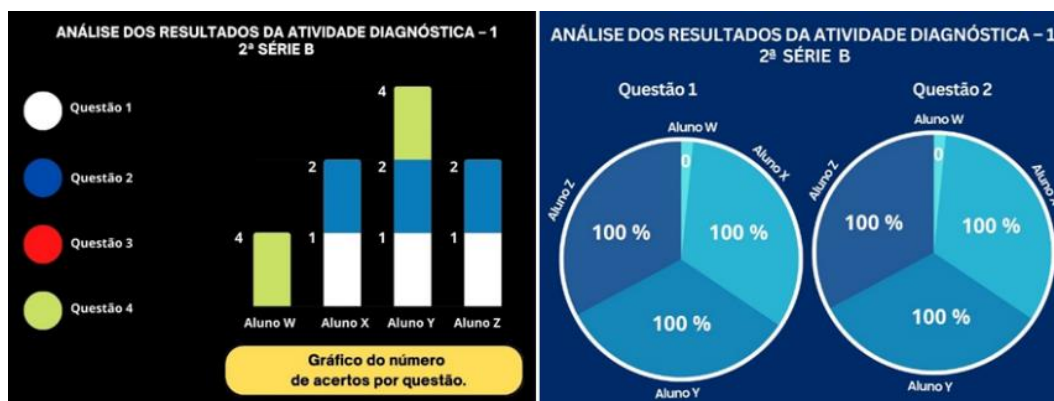
Mais adiante, os conceitos que não foram internalizados e identificados na atividade diagnóstica 1 serão retomados e discutidos durante a sequência didática para serem reelaborados.

¹⁰ Na base escolar do ensino fundamental II, os conceitos básicos de Física (luz, cores e ação) são tratados na disciplina de Ciências.

4.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA ATIVIDADE DIAGNÓSTICA 1 - TURMA B

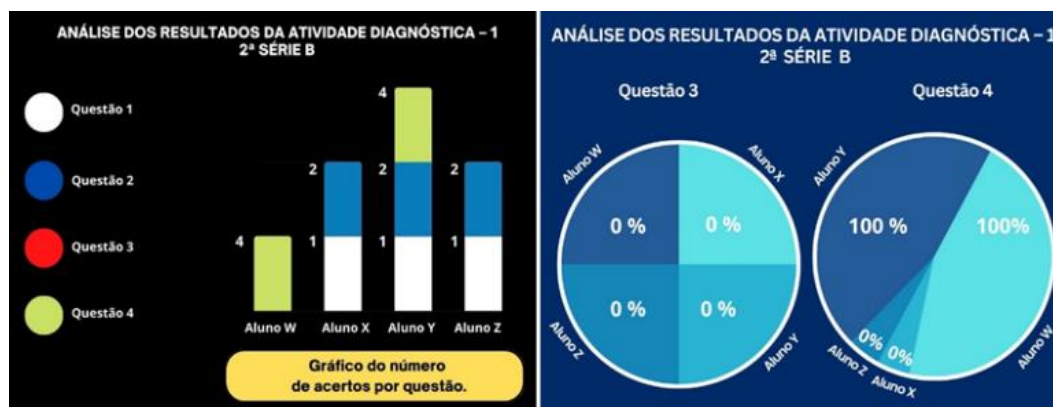
A seguir, apresentaremos os gráficos panorâmicos que mostram os resultados da análise quantitativa da atividade diagnóstica 1, da turma B em termos de percentagem de acertos por questão.

Gráficos Panorâmicos 3 – Atividade Diagnóstica 1 – Turma B



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Gráficos Panorâmicos 4 – Atividade Diagnóstica 1 – Turma B



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

O **aluno W** (25% de acertos) foi aquele que apresentou maior dificuldade de compreensão dos conceitos na 2ª série B. Ele disse que, para resolver os dois primeiros problemas, era necessário relembrar os conhecimentos de Biologia e Física, o que não foi bem-sucedido. Para a pergunta três, ele assinalou a opção d, pois pensava que a luz divergia, ou seja, “saía dos olhos” conduzindo ao erro. Na quarta

questão, respondeu de forma adequada, tendo em vista a apresentação de slides e a demonstração prática¹¹.

Os **alunos X e Z** atingiram 50% de acertos. Eles comentaram que a dificuldade foi apenas na interpretação da questão três. Acreditavam que a luz divergia dos olhos e não convergia, conduzindo dessa maneira ao erro, e, portanto, marcando a alternativa d. Na quarta questão, ficaram indignados por não conseguirem acertar. Reclamaram que foi por culpa de não terem prestando atenção ao marcar as alternativas c e d, respectivamente, pois, com a apresentação dos slides e a demonstração em sala, estava “fácil”. Além disso, afirmaram que outras perguntas parecidas não errariam.

O **aluno Y** acertou 75% das questões, apresenta um repertório conceitual diferente dos outros, está progredindo, relatou que errou a questão três por não prestar atenção, tanto que, durante a apresentação dos slides e na construção da tabela de classificação, foi o aluno que estava mais envolvido.

Como já foi dito anteriormente, os conceitos que não foram compreendidos e identificados na atividade diagnóstica 1, serão revisitados e discutidos na sequência didática para serem refeitos.

Anexado à dissertação está o formulário da atividade realizada no *google forms*.

2 Segundo Encontro

O segundo encontro ocorreu em 19 de agosto de 2021, com oito alunos presentes e os outros em regime de ensino à distância.

Posteriormente, foram apresentadas duas atividades experimentais, a saber: “Olhando por dentro da caixa” (câmara escura) e “Sala escura”.

A primeira, olhando por dentro da caixa (câmara escura), trata-se de uma atividade experimental na qual os alunos são protagonistas de todo o processo desde a fase inicial (confeção) até o término (figura 54).

A seguir, estão as partes e os materiais utilizados para cada experimentação:

¹¹ Incidência de um feixe de luz a laser sobre cartões de cores diferentes (fenômenos investigados: reflexão e absorção da luz)

Atividade 1: Olhando por dentro da caixa

1ª parte - Materiais:

Figura 51 - Construção 1.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

- Caixa de papelão grande que podemos encontrar em estabelecimentos comerciais, como lojas e supermercados. Em relação ao tamanho da caixa, torna-se importante aquele que seja adequado às dimensões da sua cabeça. É necessário que os olhos estejam próximos à caixa e a cabeça esteja próxima à caixa.
- Papel sulfite (de acordo com o tamanho da lateral da caixa), cola, fita crepe (adesiva), papel camurça preto para cobrir a caixa ou utilize sua criatividade (por exemplo: plástico preto), um pano preto ou de cor escura para envolver no pescoço para impedir a passagem de luz, vela, fósforo e um material perfurante (palito de churrasco, por exemplo) para realizar um pequeno orifício na caixa.

2ª parte - Construção da câmara:

Após considerar todos os cuidados para escolher o tamanho adequado da caixa, deve-se colar o papel sulfite em uma das faces menores da caixa do lado de dentro (em toda a face), fazer um orifício na face oposta, numa posição que fique acima da cabeça.

Meça o diâmetro do pescoço e faça um corte para que a cabeça se adeque e a luz não entre.

Figura 52 - Construção 2.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

3ª parte - Construção da câmara:

Ao finalizar a experiência, o aluno registrará no caderno como a imagem se comportou no interior da caixa e explicará aos colegas se existe uma ligação matemática envolvida na atividade.

Figura 53 - Construção final.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Atividade 2: Sala escura¹²

Primeira etapa: Escolher os materiais necessários para a decoração da sala escura (TNT ou lona de plástico preta, fita adesiva e venda de pano de preferência de cor escura).

Segunda etapa: O professor, com a ajuda da equipe pedagógica, organiza a sala sem que os alunos estejam cientes. Atenção! Antes de iniciar a atividade, o professor deve estabelecer dois compromissos: não tirar a venda sem autorização e não conversar quando entrar na sala (a conversa será permitida somente depois que todos os alunos estiverem presentes)

Terceira etapa: O professor leva os alunos, individualmente, para uma sala escura e os deixa com os olhos vendados. Ao entrarem na sala, os alunos são lembrados pelo professor do combinado estabelecido anteriormente (ver imagem 52). Ele pede, então, que retirem as vendas. Nesse momento, o professor levanta questionamentos sobre a natureza da luz e as sensações vivenciadas na experimentação.

Figura 54 - Sala escura.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

¹² A sala escura é uma atividade experimental na qual os alunos continuam sendo os protagonistas da situação, ao serem eles que descreverão todas as sensações experimentadas durante a experiência (figura 52).

Ao retornar à classe, o professor solicita aos estudantes que organizem as carteiras em forma de U, e logo após solicita que registrem no caderno os questionamentos sobre a natureza da luz e as sensações experimentadas na experimentação.

Com os registros realizados e discutidos com o grupo, o professor parte para verificação de aprendizagem, solicitando a realização da atividade diagnóstica 2, individualmente, e disponibilizada no *Google forms*. Esta atividade será composta por sete questões de múltipla escolha, sendo três delas pessoais e as outras quatro de verificação conceitual.

Posteriormente, será apresentada uma análise da atividade proposta, visando identificar os progressos e dificuldades apresentados durante a construção experimental e atividade diagnóstica 2.

QUESTÕES DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL - 1

1. Os materiais foram fáceis de encontrar?

- a) sim. b) não.

2. Atividade despertou sua curiosidade?

- a) sim. b) não.

3. Qual a sua maior dificuldade encontrada na experimentação?

- a) habilidade para a construir o experimento.
- b) materiais difíceis de ser encontrados.
- c) tempo para realizar.
- d) falta de recursos (tesoura, cola, fita adesiva, outros).

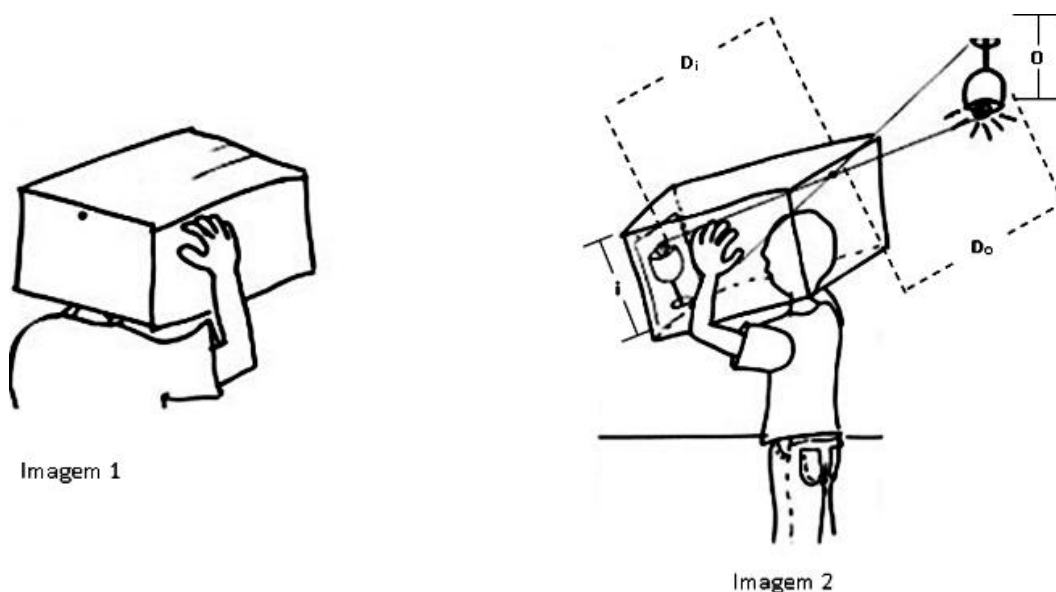
Questões da atividade diagnóstica - 2

1. De acordo com a atividade experimental “Olhando por dentro da caixa”, qual o tipo de imagem formada dentro da caixa?

- a) real e direita. b) virtual e direita.
c) real e invertida. d) virtual e invertida.

2. Ao ser realizada todas as etapas da experimentação, olhando por dentro da caixa (câmara escura), é possível estabelecer um formalismo matemático entre o trajeto da luz ao atravessar a câmara escura e sua projeção, como mostra na imagem 2 da figura 55.

Figura 55: Esquema da câmara escura



Fonte: Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/753297475142849628/>

A alternativa que melhor representa o formalismo matemático apresentada na imagem 2, é:

- a) relação trigonométrica ($\sec^2 D_o = 1 + \tan^2 Oi$).
- b) semelhança triângulos ($\frac{O}{i} = \frac{D_o}{D_i}$).
- c) relação trigonométrica ($\sin^2 D_o + \cos^2 D_i = 1$).
- d) teorema de Pitágoras ($(Oi)^2 = (D_o)^2 + (D_i)^2$).

3. Qual princípio físico está mais adequado com a experimentação, olhando por dentro da caixa (ver imagem 54)?

Figura 56 - Câmara escura.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

- a) Princípio da ação e reação.
- b) Princípio da independência do raio luminoso.
- c) Princípio da reversibilidade do raio luminoso.
- d) Princípio da propagação retilínea da luz.

4. Olhando por dentro da caixa a projeção da imagem conjugada pela experimentação (ver imagem 54) é semelhante a:

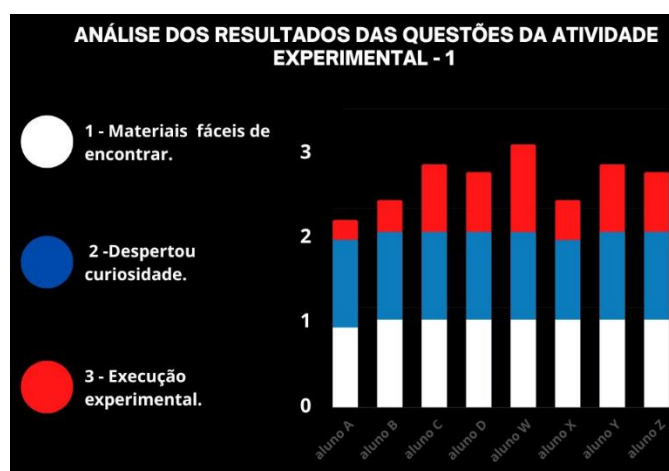
- a) formação em um globo ocular e uma câmera fotográfica.
- b) formação em um projetor multimídia e uma câmera fotográfica.
- c) formação em um globo ocular e retroprojetor.
- d) formação em um projetor multimídia e retroprojetor.

4.7 ANÁLISE QUALITATIVA DOS RESULTADOS DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL - 1

Como é possível observar pelo gráfico a seguir, o nível de interesse, satisfação e envolvimento dos alunos aumenta quando se usa atividades experimentais.

O panorama fornecido pelo gráfico nos mostra que atividades experimentais bem planejadas, podem desmistificar a crença que física é difícil de ser aprendida. Por outro lado, pode incentivar os alunos a terem interesse pela ciência.

Gráfico 5 - Atividade experimental – 1 – Turmas A e B.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

O **aluno A** relata que teve dificuldades para encontrar os materiais devido à impossibilidade de se locomover devido ao momento atípico (covid-19), impossibilitando de ir à casa dos parentes e colegas para angariar materiais na construção experimental (câmara escura). No final, tudo correu bem. Ainda afirma que deveriam existir mais aulas como essa, pois aprendemos os conteúdos de uma forma divertida.

Os **alunos B, C e X** indicam que as dificuldades surgiram na elaboração da câmara escura por conta da falta de destreza, necessitando da assistência dos companheiros de classe na confecção.

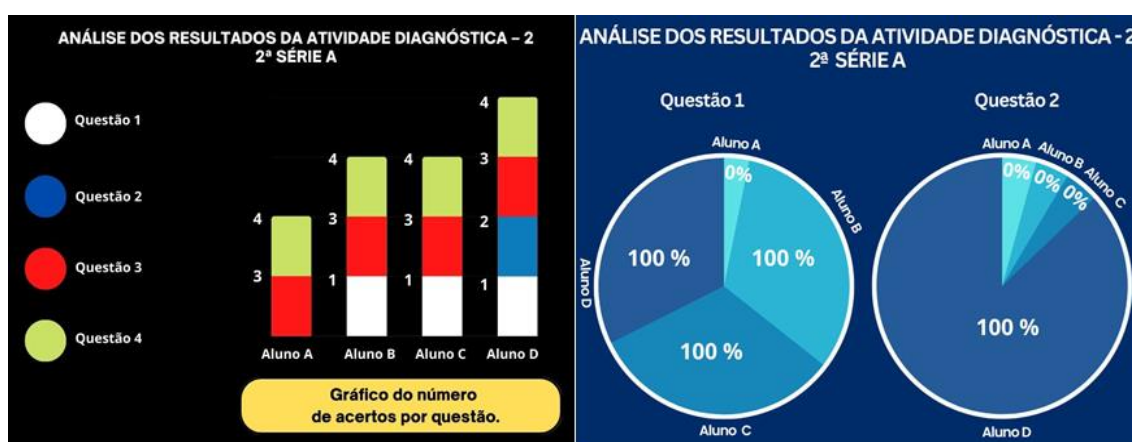
Já os **alunos D, Y e Z** relatam que as atividades foram proveitosas por envolverem as duas turmas A e B, gerando cooperação, competição sadia (na construção experimental) e aprendizado dos assuntos de forma diferente e de fácil compreensão.

4.8 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA ATIVIDADE DIAGNÓSTICA 2 – TURMA A

A atividade diagnóstica (2) realizada no google forms, teve um grande progresso em relação à primeira, o que ocorreu devido às discussões, indagações e, conseqüentemente, às realizações das atividades sugeridas, dentre elas: classificação das palavras na tabela, atividade experimental e atividade diagnóstica 1 (verificação de aprendizagem)

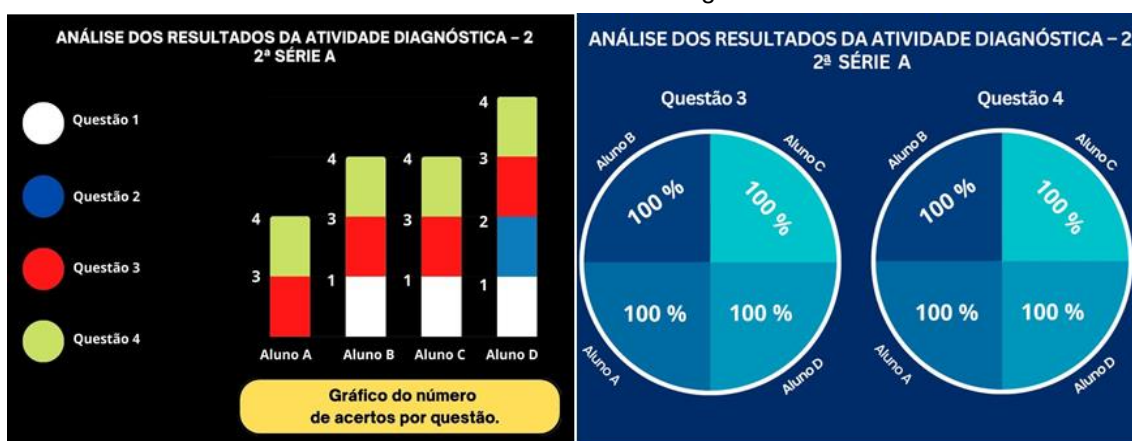
Os gráficos panorâmicos¹³ mostram os resultados da análise quantitativa da atividade diagnóstica 2, em termos de porcentagens de acertos por questão.

Gráficos Panorâmicos 6 – Atividade Diagnóstica 2 – Turma A.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Gráficos Panorâmicos 7 – Atividade Diagnóstica 2 – Turma A



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

¹³ Chamamos de "gráficos panorâmicos", os gráficos 1 a 4, pois a visualização e interpretação são mais simplificadas. Em anexo, à dissertação, estão os formulários e as análises gráficas fornecidas pelo google forms dessa atividade diagnóstica.

Apesar de a questão 2, ter sido a que apresentou maior dificuldade de acerto. O **aluno A** relatou que a dificuldade dele foi nas duas primeiras questões, totalizando 50% de erro. Ele não lembrava que "cabeça para baixo" é uma linguagem do senso comum e que, na literatura da física, significa invertida. Ele reconhece não ter sido capaz de interpretar a imagem da questão 2, mas, após conversar com os colegas e ouvir as suas opiniões, percebeu o motivo dos triângulos serem parecidos na figura.

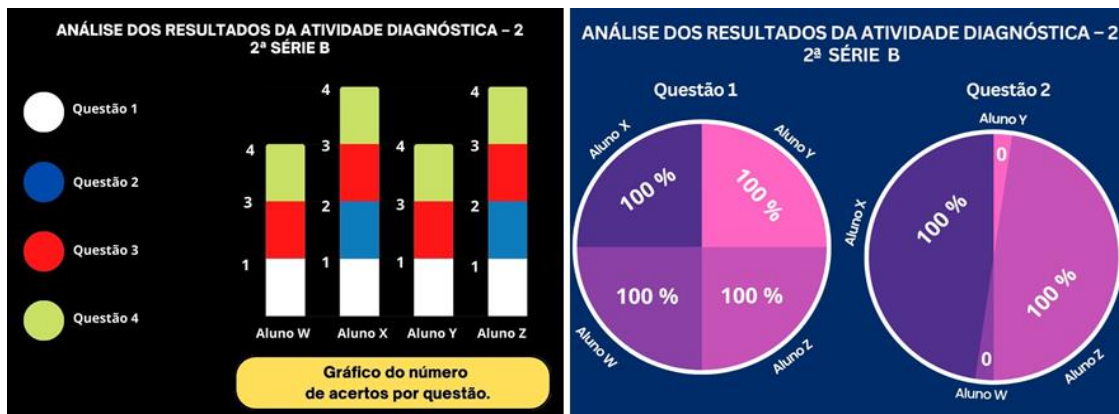
Os **alunos B e C** também tiveram dificuldades para identificar a semelhança entre os triângulos retângulos da imagem 2, o que resultou num erro de 25%. A princípio, pensaram que a imagem representasse trigonometria ou o teorema de Pitágoras.

O **aluno D**, por outro lado, argumenta que, através da disposição das letras na figura e com bastante cuidado ao olhar para a imagem, é possível notar a semelhança entre os dois triângulos formados.

4.9 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA ATIVIDADE DIAGNÓSTICA 2 – TURMA B

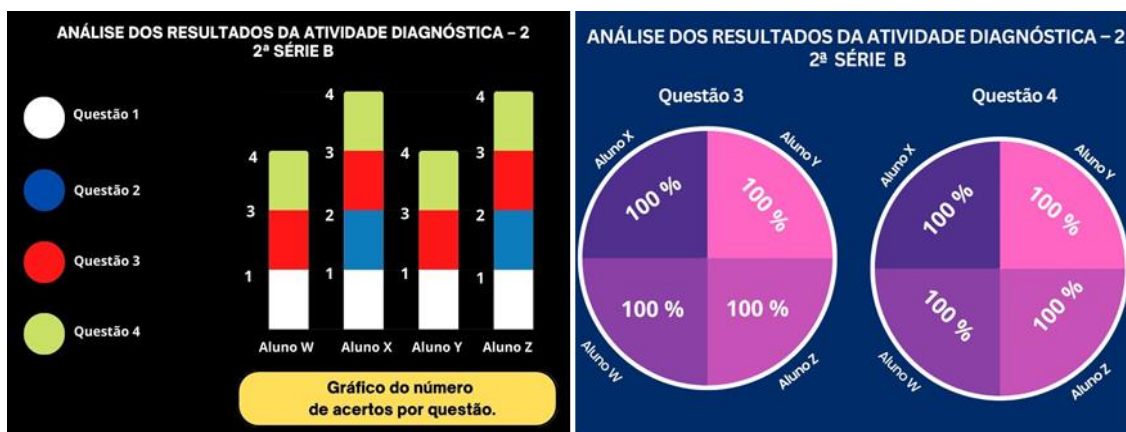
Os gráficos panorâmicos¹⁴ mostram os resultados da análise quantitativa da atividade diagnóstica 2, em termos de porcentagens de acertos por questão.

Gráficos Panorâmicos 8 – Atividade Diagnóstica 2 – Turma B.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Gráficos Panorâmicos 9 – Atividade Diagnóstica 2 – Turma B.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

A atividade diagnóstica (2) realizada no *google forms* também teve um progresso em relação à diagnóstica 1, pois a relação de colaboração entre os alunos

¹⁴ Chamamos de "gráficos panorâmicos", os gráficos 1 a 4, pois a visualização e interpretação são mais simplificadas. Em anexo, à dissertação, estão os formulários e as análises gráficas fornecidas pelo *google forms* dessa atividade diagnóstica.

favoreceu o crescimento individual, é possível perceber o quanto eles disputam e se ajudam mutuamente. Ademais, essa relação contribui para aqueles que apresentam maiores dificuldades, ainda mais porque a turma tem como objetivo incentivar para não desistir no desenvolvimento e execução das atividades.

Ao analisar os gráficos apresentados acima, percebe-se que o rendimento da turma B é superior ao da turma A. Acredita-se que isso se deu devido à maior interação e envolvimento entre eles nas atividades propostas. A seguir, os depoimentos dos estudantes em relação à atividade diagnóstica 2.

O **aluno W** (75% de acertos) assegura que a dificuldade se deu apenas na segunda questão, uma vez que ficou confuso ao ler e interpretar a imagem, o que o levou ao erro, assinalando a alternativa B.

O **aluno Y** (75% de acertos), afirma que a sua dificuldade foi apenas na segunda questão, não conseguindo interpretar de forma clara a leitura da imagem, o que o levou ao erro, assinalando a alternativa B.

Os **alunos X e Z** (100% de acertos), relataram que a atividade concordava com o que foi trabalhado nas aulas, que, se mantendo o foco nas discussões e apresentações no power point, não havia dificuldades em realizá-las.

É importante destacar que a classificação das palavras na tabela 1 e a atividade experimental favoreceram bastante no desempenho da atividade diagnóstica 2.

Terceiro encontro

Em 2 de setembro de 2021, ocorreu o terceiro encontro. Todos os alunos estão em casa, por determinação da lei estadual sobre a Covid-19. Dessa forma, as aulas foram transmitidas pela internet, logo, todas as atividades foram solicitadas e passaram a ser executadas na própria residência, seguindo as orientações do professor.

Todavia, o número de alunos das turmas remotas aumentou consideravelmente, e, na aula anterior, foi solicitado aos oito alunos que estavam assistindo aula presencial que dessem o seu feedback sobre a primeira atividade experimental desenvolvida. Assim, selecionamos quatro respostas de cada aluno da turma A e B, uma vez que tínhamos um cronograma a ser cumprido.

Como já havia mencionado, por questões éticas, os alunos das duas turmas serão divididos por letras, sendo A, B, C e D os alunos da 2ª série A, e W, X, Y e Z os

alunos da 2ª série B. Abaixo, estão os feedbacks dos alunos, mantendo a fala original de cada um.

Aluno A: Essa atividade fez-me pensar no quão difícil é não enxergar nada ou quase nada, por exemplo, o cego não reconhecer as pessoas como são de fato, nem as cores das flores, nem o azul do mar, o céu, os objetos. Jamais havia examinado as coisas sob essa perspectiva. Tive vontade de ligar o celular para clarear o ambiente. Afirma que a atividade foi bastante recompensadora e rica em aprendizados físicos, mas também social e inclusiva (respeito, valores, outros).

Aluno B: Não pude enxergar nada quando tirei a venda dos olhos. Senti pânico, pois era uma completa escuridão. Olhei para o chão à procura de alguma claridade, e, consequentemente, nada.

Aluno C: Fiquei satisfeito ao tentar encontrar todos, mas não consegui identificar nenhum, pois começaram a gritar e sair de perto. De qualquer forma, tentei encontrar a porta para ver se havia luz desviando pelas frestas.

Aluno D: Pessoal, nem lhes falo, que sentimento ruim foi aquele. Fiquei imaginando como era naqueles tempos em que não havia energia elétrica. Acho que era terrível, por exemplo, andar pelas ruas e estradas à noite. Acho que os únicos animais que podem enxergar algo numa escuridão total são os gatos e cachorros, pois os "olhos brilham".

Aluno W: Amigos, não consegui enxergar nada, tudo estava bem escuro. Fiquei parado por um breve instante para ver se poderia enxergar alguma coisa, mas não vi nada. Andei até tocar a parede. Acredito que, se tivesse permanecido por mais tempo, teria conseguido enxergar alguma coisa.

.

Aluno X: Colegas, quando entrei na sala escura com os olhos vendados, e retirei a venda, não percebi nada. No entanto, acredito que, se tivesse ficado por um tempo maior, conseguiria enxergar, pois adquiriria sensibilidade e, dessa forma, enxergaríamos as coisas e objetos.

Aluno Y: Pessoal, quando entrei na sala e retirei a venda, vi uma escuridão total, o que me causou um certo medo. A sensação não é agradável, pois não consegui enxergar absolutamente nada, “um breu danado”. Mas, se tivesse permanecido por um tempo maior, acredito que conseguiria ver algo. Contudo, estava ficando com fobia, de tal forma que tive que tatear o chão onde bati em algumas pessoas que começaram a gritar. Precisava chegar à parede e procurar pelo interruptor para “ligar a luz”.

Aluno Z: Gente, a sensação que tive foi surreal, não vi absolutamente nada. Tentei interagir com a galera chamando pelo nome, mas todos estavam falando. Consegui apenas segurar a mão de uma das colegas para que ela se acalmasse, pois estava ficando desesperada, até que o professor entrou na sala e acionou o interruptor e as luzes se acenderam.

Após a atividade "sala escura", os alunos foram organizados nas suas carteiras formando U, e com a orientação do professor, partiram para a elaboração da tabela (2) de classificação e de conceitos que seriam retomados durante o processo.

Tabela 2 - Classificação (2) - dos conceitos a serem retomados durante o processo.

Relacionados ao globo ocular e as reações biológicas	Relacionados a objetos e coisas	Relacionados a fenômenos
Aluno A: - ruim ser cego; - problema de visão; - não conseguir enxergar absolutamente nada.	Aluno A: - óculos fundo de garrafa; - lanterna do celular.	Aluno A: - o mar; - o céu; - luz sair e clarear a sala.
Aluno B: - não consegui enxergar coisa alguma; - senti pânico.	Aluno B: - a venda dos olhos; - o chão.	Aluno B: - completa escuridão; - alguma claridade.

Tabela 3 - Classificação de conceitos a serem retomados durante o processo (Continuação).

Aluno C: - não consegui identificar ninguém; - começaram a gritar e sair de perto.	Aluno C: - a porta.	Aluno C: - luz desviando pelas frestas.
Aluno D: - sensação ruim foi aquela; - os gatos e cachorros, pois os “olhos brilham”.	Aluno D: - caminhar nas estradas e ruas a noite.	Aluno D: - eletricidade; - completa escuridão.
Aluno W: - não consegui ver nada.	Aluno W: - caminhei até tocar a parede.	Aluno W: - tudo muito escuro; - tivesse parado por um tempo maior começava a ver.

Aluno X:	Aluno X:	Aluno X:
- não enxerguei nada; - Adquiríamos sensibilidade e daí enxergaríamos as coisas e objetos.	- sala escura; - olhos vendados.	- intervalo de tempo maior conseguiria ver.
Aluno Y:	Aluno Y:	Aluno Y:
- sensação não é agradável; - não consegui enxergar absolutamente nada; - ficando com fobia; - pessoas que começaram a gritar	- entrei na sala e retirei a venda; - tatear o chão; - chegar a parede; - interruptor para poder “ligar a luz”.	- completa escuridão; - “um breu danado”; - tempo maior, acho que conseguiria ver algo

Tabela 3 - Classificação de conceitos a serem retomados durante o processo (Conclusão).

Aluno Z:	Aluno Z:	Aluno Z:
- sensação que vivenciei foi surreal; - não vi completamente nada; - se acalmar; - ficando desesperada.	- professor entrou na sala; - acionou o interruptor.	- luzes se acenderam.

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Observe que, no discurso dos alunos, a ideia de que a luz deve sair dos olhos como se fossem pequenas partículas está arraigada nos seus contextos e que alguns conceitos, como: — “Gatos e cachorros podem enxergar no escuro (olhos brilham)”; — Adquirir sensibilidade para enxergar no escuro; — É necessário um maior intervalo de tempo e “Ligar a luz”, serão retomados e reelaborados durante as atividades propostas e a construção do (MEGO).

Quarto encontro

O quarto encontro ocorreu em 16 de setembro de 2021. Neste encontro, conversamos e retomamos as atividades anteriores com o uso de recursos tecnológicos (computador, projetor multimídia e power point). A intenção é que os alunos revisitem os conceitos que dizem respeito à natureza da luz (absorção, reflexão, refração, difração, defeitos e correções visuais) e estabeleçam uma ligação com o princípio da propagação retilínea. A seguir, o material apresentado na aula.

Figura 57 - Princípio da propagação retilínea da luz (luz, sombra e penumbra).



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Figura 58 - Reflexão luminosa (Olhos que brilham).



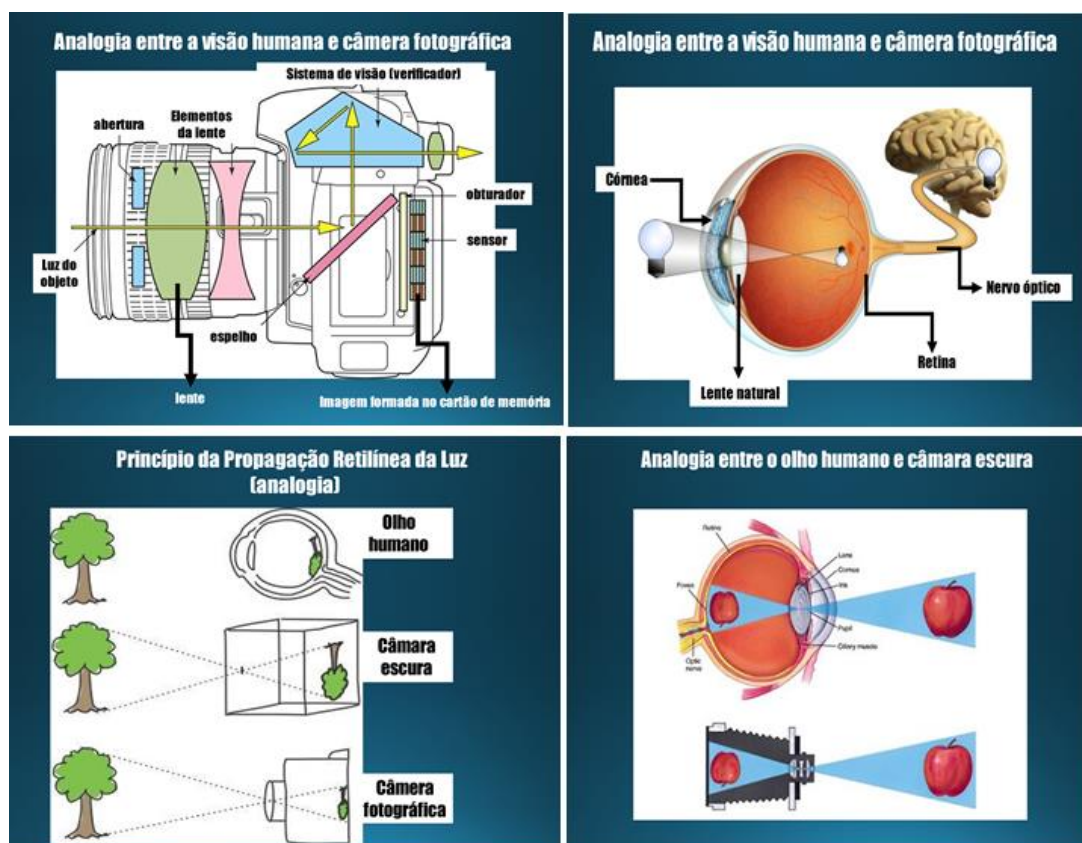
Fonte: Disponível em: <https://realidadesimulada.com/por-que-os-olhos-dos-animais-brilham-no-escuro/>

Figura 59 - Luz, câmera e ação (demonstração e projeção da imagem no interior da câmara escura).



Fonte: Disponíveis em: <https://www.youtube.com/watch?v=0NRo0qanuwg>

Figura 60 - Analogia entre o olho humano, câmera fotográfica e a câmara escura.



Fonte: Disponíveis em: <https://brunobernardess.wordpress.com/2010/10/01/por-dentro-de-uma-camera/>
<https://advisionclinica.com.br/o-olho-e-a-visao/>

Com a retomada da discussão gerada na atividade vivenciada e pela apresentação dos slides, levantamos questionamentos com relação a natureza da luz, objetivando a discussão da atividade experimental da última seção.

4.7 - Quinto encontro

O quinto encontro ocorreu presencialmente em 10 de março de 2022. A justificativa é que os alunos precisavam se preparar para as provas finais da instituição no ano anterior (2021). Sendo assim, para a construção do Modelo Experimental Globo Ocular (MEGO), é necessário que o professor mediador oriente presencialmente todas as etapas, desde a construção inicial até a final.

Após o retorno dos oito estudantes, realizamos um sorteio chamado “Abra Abracadabra”, no qual todos devem participar. O objetivo desta atividade, que usa um sorteio, uma carta marcada, é incentivar o aluno com maior dificuldade a rever as suas respostas, seus conceitos e, dessa forma, reconstruir os mesmos, tirando possíveis dúvidas e fechando possíveis lacunas de aprendizado.

Mais adiante, por meio do MEGO, poderão criar as características das imagens. Dessa forma, retomarão a ideia de que as imagens formadas de “cabeça para baixo” são invertidas. Além disso, as imagens pequenas, como citada pela aluna B, serão classificadas como reduzidas ou menores.

As definições, princípios, conceitos, leis e relações serão explorados e revisitados pelos alunos com a intervenção do professor. No entanto, para que essa intervenção seja efetiva, é crucial que o aluno seja o protagonista de todo processo, como vem sendo desenvolvido na proposta dessa unidade didática.

Em continuidade à proposta da (UD), apresentou-se mais um questionário intitulado: “retomando para praticar”, composto por quatro perguntas aplicadas como forma de verificação da aprendizagem 1. Em relação à verificação da aprendizagem, os resultados serão apresentados nos gráficos mais adiante para a comprovação da aprendizagem.

Verificação da aprendizagem 1
(Retomando para praticar)

1. Animais de hábitos noturnos como, por exemplo, morcegos predam a noite. Quando colocados dentro de uma sala escura eles conseguem se locomover sem abarrear em nenhum obstáculo graças ao seu sistema biofísico de ecolocalização, porém se você for colocado na mesma sala não conseguirá ver coisa alguma. Segundo a física e/ou biologia a melhor explicação para não enxergarmos no escuro é porque:

- a) No escuro não haverá convergência da luz e nem excitação das células fotossensíveis do globo ocular para gerar projeção da imagem na retina.
- b) No escuro não haverá divergência da luz e nem excitação das células fotossensíveis do globo ocular para gerar projeção da imagem na retina.
- c) Independe da convergência ou divergência da luz para excitar as células fotossensíveis do globo ocular, tudo é uma questão de tempo para se adaptar ao ambiente escuro.
- d) O cristalino está comprimido pelos músculos ciliares e conseqüentemente não projeta a imagem na retina.

2. Situação como apresentada na imagem abaixo, assemelha a contextos vivenciados por nós. Provavelmente, na sua casa algum familiar utiliza algum tipo de óculos para visualizar melhor objetos e coisas. Com relação a imagem, para o Sr. Márcio enxergar as letras do livro é necessário que haja _____, e ele deve utilizar lentes _____, pois possui defeito de visão denominado _____.

Figura 61 - Vista cansada.

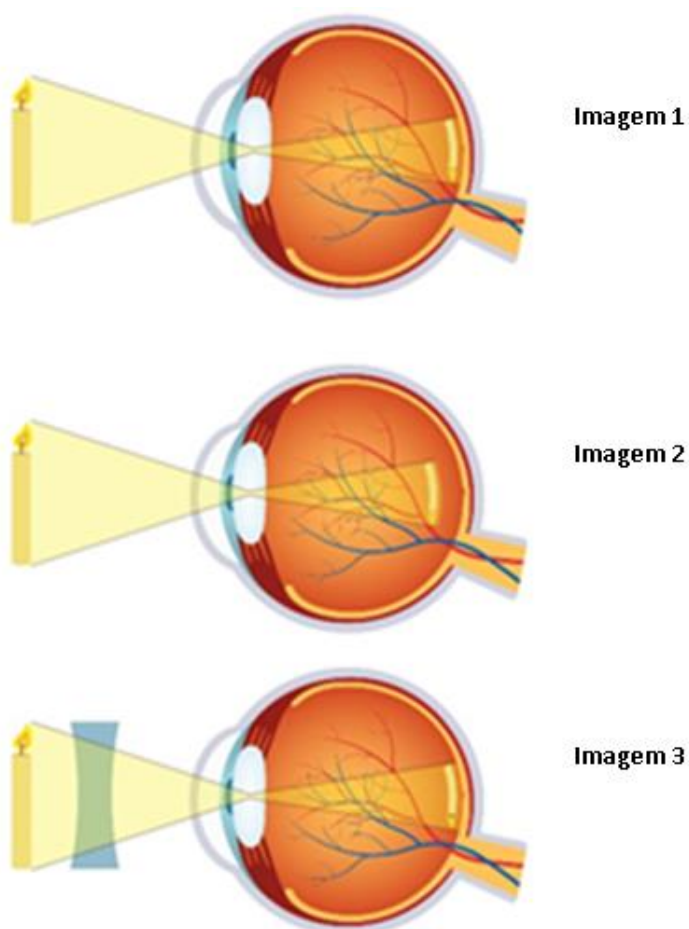


Fonte: Disponível em: <https://visionlaservallarta.com/presbicia-o-vista-cansada/>

- a) dispersão luminosa – divergentes – hipermetropia
- b) refração luminosa – convergentes – miopia
- c) reflexão luminosa – convergentes – presbiopia
- d) difração luminosa – divergentes – presbiopia

3. A visão é um dos órgãos mais importante e impressionante do ser humano, pois possibilitam através deles enxergar objetos e coisas, como também, distinguir cores, tamanhos, profundidade, informações e movimentos com a recepção da luz. Além disso, são formados por um conjunto de lentes que podem, dentro de certos limites, ajustar seu formato e focalizar os raios de luz na retina, onde se localizam os fotorreceptores. A miopia é um defeito de visão na qual a imagem é projetada antes da retina e, para a correção, é preciso um ajuste desses raios.

Figura 62 - Defeito de visão (miopia).



Fonte: Disponível em: <https://www.infoescola.com/visao/miopia/>

Com base no texto e nas imagens apresentadas, considere as afirmações:

I – Figura 1: A imagem da vela é real formada na retina, caracterizando pessoa com visão normal.

II – Figura 2: A imagem da vela é real formada antes da retina, caracterizando pessoa com miopia.

III – Figura 3: A correção da miopia pode ser feita por óculos com lentes convergentes e cirurgia refrativa realizada por meio de um equipamento óptico (um sistema de laser).

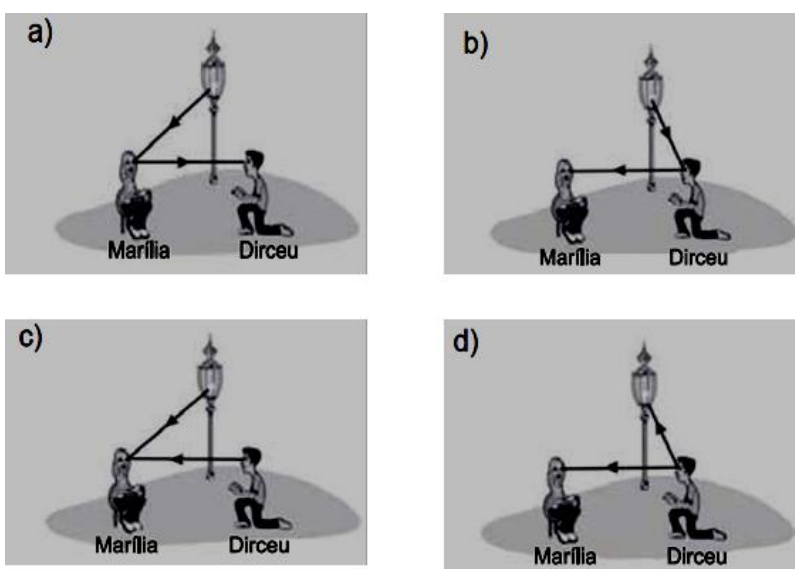
IV - Figura 3, A correção da miopia pode ser feita por óculos com lentes divergentes e cirurgia refrativa realizada por meio de um equipamento óptico (um sistema de laser).

São corretas as afirmações:

- a) I e IV.
- b) II e IV.
- c) I, II e III.
- d) I, II e IV.

4. Marília e Dirceu estão em uma praça iluminada por uma única lâmpada. Assinale a alternativa em que estão corretamente representados os feixes de luz que permitem a Dirceu ver Marília.

Figura 63 - Princípio da propagação retilínea da luz (convergência).

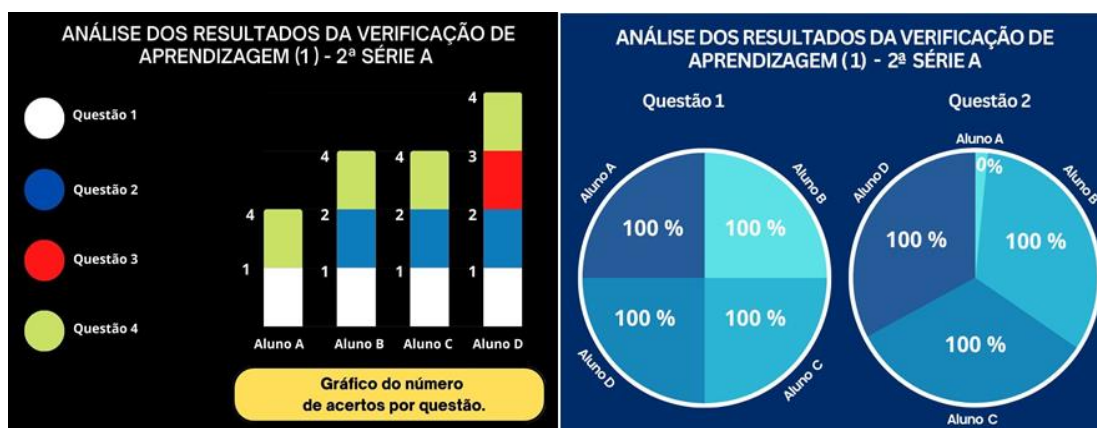


Fonte: UFMG

4.10 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM (1) - TURMA A

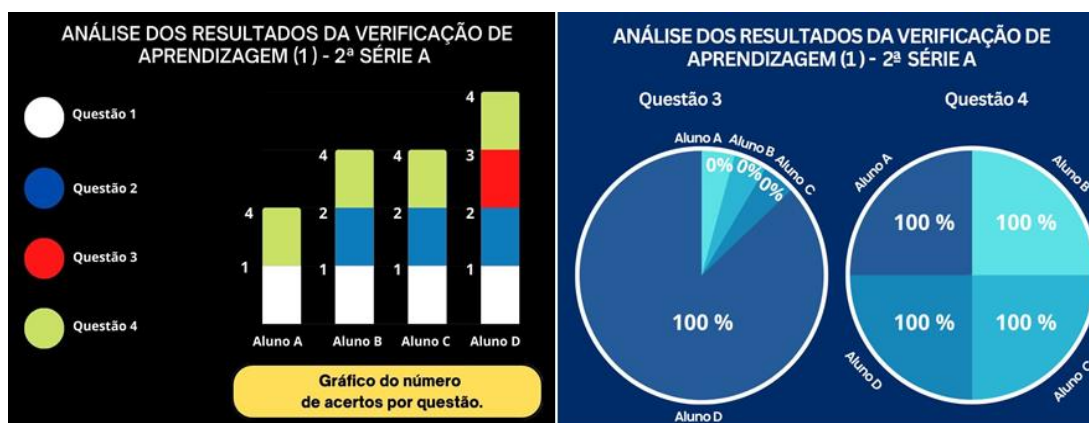
Os gráficos panorâmicos apresentados a seguir mostram a evolução dos alunos em relação à aceitação dos novos conceitos, bem como a quebra de paradigmas dos conceitos do senso comum que antes estavam associados às suas concepções espontâneas.

Gráfico 2 - Gráficos Panorâmicos 10 – Atividade de Verificação - 1 Turma A



Fonte: Elaborado pelo autor deste

Gráficos Panorâmicos 11 – Atividade de Verificação - 1 Turma A



Fonte: Elaborado pelo autor deste

No entanto, o **aluno A** (50% de acertos) relata que, antes dessa proposta de ensino, fazia as atividades com insegurança, não acreditava no seu potencial, achava que Física era para “nerds”, por isso não se esforçava para compreender. Mas, ao debater, realizar atividades práticas e expressar-se diante dos outros sem que

houvesse críticas destrutivas, percebeu-se o quanto essa Ciência é relevante. Ainda, salienta que é preciso se esforçar mais, pois poderia ter alcançado um resultado melhor. Além disso, declara que não acertou as questões 2 e 3, por falta de conhecimento em Física e Biologia, ficando confuso quanto aos defeitos visuais e às lentes de correção.

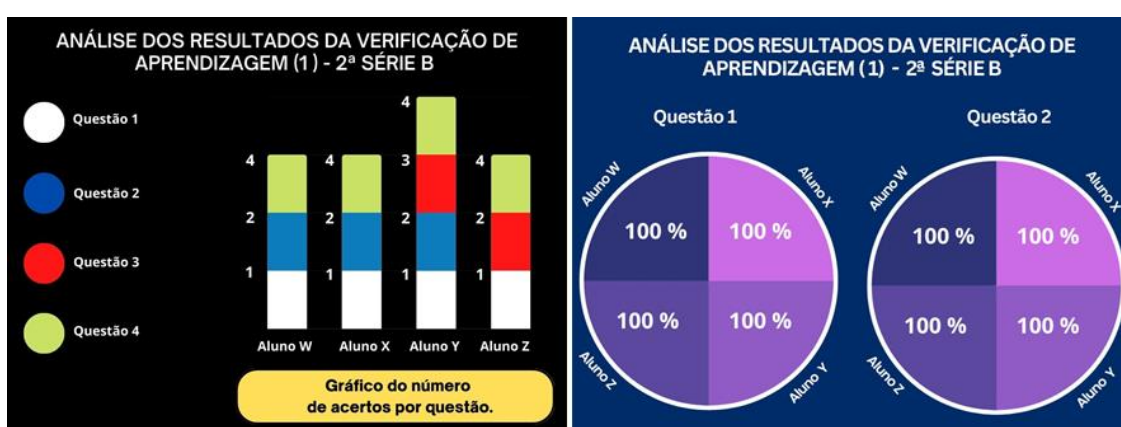
Os **alunos B e C** (75% de acertos) afirmaram que a atividade concordava com a abordagem em sala, mas ambos assinalaram a alternativa B, por falta de atenção com relação às características das imagens formadas com auxílio de lentes convergentes e/ou divergentes.

O **aluno D** (100% acertos) explica que a atividade de verificação foi mais uma forma de avaliar qualitativamente os conceitos concatenados nos encontros, e que, como as atividades estão sendo organizadas, mostra uma "física diferente" de ser compreendida e assimilada, logo, não encontrei dificuldades para ser assertivo nas questões.

4.11 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM (1) - TURMA B

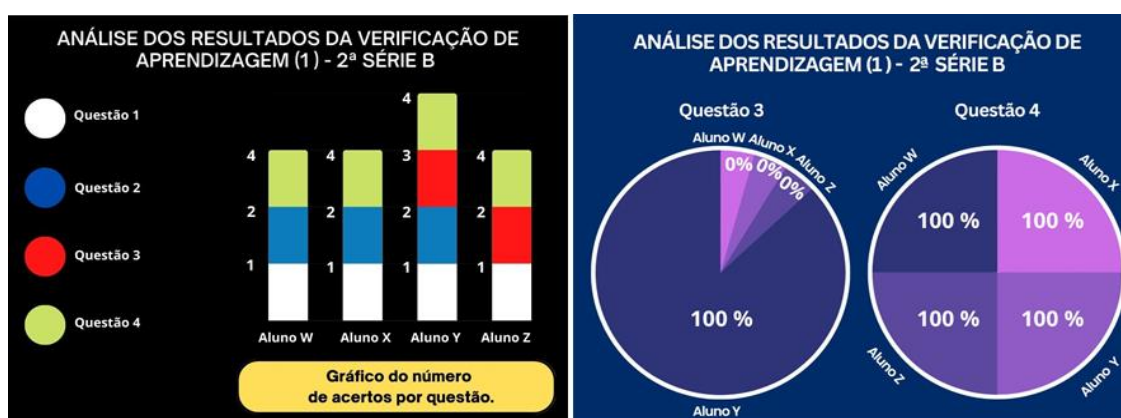
Os gráficos panorâmicos¹⁵ apresentados a seguir mostram a evolução dos alunos em relação à aceitação dos novos conceitos, bem como a quebra de paradigmas dos conceitos do senso comum que, anteriormente, estavam associados às suas concepções espontâneas.

Gráficos Panorâmicos 12 – Atividade de Verificação - 1 Turma B



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Gráficos Panorâmicos 13 – Atividade de Verificação - 1 Turma B



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

¹⁵ Chamamos de "gráficos panorâmicos", os gráficos 1 a 4, pois a visualização e interpretação são mais simplificadas. Em anexo, à dissertação, estão os formulários e as análises gráficas fornecidas pelo google forms dessa atividade diagnóstica.

O **aluno W** (75% de acertos) explica que a atividade de verificação estava nas expectativas esperadas, pois, a cada encontro, está agregando conhecimentos, tirando dúvidas e, conseqüentemente, obtendo sucesso nas atividades submetidas. Ele afirma que, no início das atividades, não tinha certeza de que poderia evoluir, mas, agora, já se sente capaz de organizar seu próprio estudo e está mais seguro na hora de realizá-los. Esperava os 100% de acertos, mas ficou em dúvida. Não tinha certeza se as lentes convergentes eram para míopes ou para hipermetropes. Por isso, assinalou a letra b, o que resultou num erro.

O **aluno X** (75% de acertos) afirma que poderia ter garantido os 100% de acertos, além de que precisa manter o foco, pois só cometeu o erro de assinalar a letra b, por não lembrar o tipo de lente que o míope necessita usar.

O **Aluno Y** (100% de acertos) sustenta que as atividades desenvolvidas a cada encontro facilitaram bastante a conexão para ser assertivo em todas as questões, assinalando com segurança as alternativas e, conseqüentemente, obtendo sucesso em todas.

O **aluno Z** (75% de acertos) alega que poderia ter atingido os 100% de acertos, mas precisa estar mais atento, manter o foco, ler e reler diversas vezes as proposições da questão, uma vez que fica sempre indeciso entre duas alternativas e, geralmente, assinala a incorreta. No caso em questão, assinalou a letra B, o que o levou ao erro.

5 SEÇÃO

A construção do MEGO.

Sexto Encontro

O sexto encontro ocorreu presencialmente em 24 de março de 2022. Após cumprirem todas as etapas, os alunos foram convidados a participar de atividades simulacionais sobre defeitos visuais (miopia, astigmatismo e presbiopia), disponíveis em: <https://phet.colorado.edu> e <https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>, onde é possível regular a distância focal entre as imagens projetadas antes e depois da retina (ver abaixo imagens de alguns momentos da aula).

A atividade gerou expectativas na sala, pois cada aluno teve a oportunidade de manipular, caracterizar os elementos (íris, córnea, cristalino, músculos ciliares, retina e nervo óptico) que compõem o globo ocular e registrar no caderno como a imagem é captada.

Sendo assim, com os alunos estimulados pela manipulação virtual dos componentes do olho, inicia-se a elaboração do MEGO, seguindo um manual de instruções (partes 1 e 2) passo a passo, como será demonstrado posteriormente.

Figura 64 - Atividade simulacional e registro dos aspectos relevantes da aula.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

É esperado na construção (UD) que os alunos estabeleçam um paralelo entre a proposta (MEGO) e as etapas desenvolvidas durante todo o processo. Assim sendo, o objetivo principal é nortear a transposição didática do ensino da óptica geométrica e da visão. Nesse viés, as atividades que foram desenvolvidas nas etapas anteriores e subsequentes formam um conjunto que propiciam aos discentes uma aprendizagem mais rica e significativa.

5.1 Panorama da proposta MEGO.

a) Tema:

“O MEGO (modelo experimental globo ocular) e sua contribuição para o estudo da óptica geométrica e da visão”.

b) Número de aulas:

Essa unidade didática foi desenvolvida para 6 (seis) encontros, equivalente a 12 aulas com duração de 50 minutos cada.

c) Apresentação:

A unidade didática (MEGO), tem como objetivo principal nortear a transposição didática do ensino da óptica. A (UD), aliada às atividades que foram desenvolvidas nas etapas subsequentes formam um conjunto que propiciam aos discentes uma aprendizagem mais rica e significativa. Pois, partem de momentos desafiadores, investigativos e experimentais, gerando dessa forma discussões, tempestades de ideias, curiosidades e repertório de conhecimentos.

O viés utilizado como referencial teórico são os três momentos pedagógicos do Delizoicov & Angotti (1991): Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento.

d) Objetivo geral:

Facilitar a transposição didática do conteúdo Óptica Geométrica destacando a Óptica da Visão.

d.1. Objetivos específicos:

- Promover a participação ativa (opinando, discutindo, ponderando, outros) dos alunos como agentes reflexivos do processo ensino aprendizagem;
- Integrar o conteúdo de óptica da visão, partindo de um momento investigativo, experimental, lúdico e sobretudo com a reelaboração dos conceitos espontâneos, mediante as discussões e os desafios que surgem durante as atividades propostas.

d.2. Objetivos atitudinais:

- Usar a experimentação como forma de compreender melhor o objeto de estudo, em particular o estudo da óptica geométrica e da visão;
- Desenvolver atitudes coerentes para uma aprendizagem significativa em Física;
- Reelaborar estratégias quando os resultados não satisfazem;
- Desenvolver postura solidária e cooperativa que contribua para a socialização dos conhecimentos em óptica geométrica da visão.

e) Conteúdos de aprendizagem:

e.1 – Conceituais: Princípios da óptica geométrica, fenômenos (reflexão (leis), absorção, refração (leis), difração, interferência e polarização), lentes e defeitos visuais.

e.2 – Procedimentais: Conhecer fenômenos que compõem a natureza da luz (reflexão, absorção, refração, difração, interferência e polarização), fazer uso de atividades experimentais para compreender o funcionamento das imagens projetadas em câmaras escuras e no globo ocular.

e.3 – Atitudinais: Promover atitudes relacionadas a construção das atividades experimentais em particular a óptica geométrica e da visão e desenvolver o senso crítico e colaborativo diante das atividades apresentadas.

f. Problemática do Objeto de estudo:

f.1 - Adaptação dos conceitos científicos, por via de um modelo funcional, para modificar os conceitos espontâneos dos alunos em relação ao estudo da óptica geométrica e da visão.

f.2 - Defeitos da visão e a biofísica numa abordagem interdisciplinar.

g. Metodologia:

Ativa (atividade experimental)

h. Hipótese:

O (MEGO) contribui para uma aprendizagem mais significativa, pois permite a conexão dos conteúdos abordados, além de permitir ao aluno a discussão, a reelaboração dos conceitos, a prática e o seu protagonismo.

9. Etapas do Produto Educacional

Figura 65 - Etapas do Produto Educacional.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

10. Materiais para serem utilizados:

- Bola de isopor de 200 mm + molde circular de 12 cm;
- Lupa de 100 mm;
- 2,0 m de fio 2,5 mm;
- Bocal soquete de porcelana E27;
- Lâmpada palito fluorescente para soquete E27;
- Cano de PVC de 100 mm ou lata de óleo cilíndrica de 900 ml vazia T75 luva de redução de 75 para 40 mm caps de 75 mm;
- Estilete e cola de isopor;
- Tábua suporte.

Figura 66 - bola de isopor.



01. Bola de isopor de 200 mm +
molde circular de 12 cm.

Fonte: Material do autor.

Figura 67 - Lupa de 100 m.



02. Lupa de 100 mm.

Fonte: Material do autor.

Figura 68 - fio 2,5 mm.



03. 2,0 m de fio 2,5 mm;

Fonte: Material do autor.

Figura 69 - Bocal soquete de porcelana E27



04. Bocal soquete de porcelana E27

Fonte: Material do autor.

Figura 70 - Lâmpada palito fluorescente para soquete E27.



05. Lâmpada palito fluorescente para soquete E27

Fonte: Material do autor.

Figura 71 - Cano de PVC de 100 mm ou recipiente de plástico. (lata) cilíndrica ou lata cilíndrica de 370 g.



06. Cano de PVC de 100 mm ou recipiente de plástico (lata) cilíndrica de 370 g vazia.

Fonte: Material do autor.

Figura 72 - luva de redução de 75 para 40 mm.



07. luva de redução de 75 para 40 mm.

Fonte: Material do autor.

Figura 73 - Caps de 75 mm.



08. Caps de 75 mm.

Fonte: Material do autor.

Figura 74 -Estilete.

**09. Estilete.**

Fonte: Material do autor.

Figura 75 - Cola de isopor.

**10. Cola de isopor.**

Fonte: Material do autor.

Figura 76 - Tábua suporte.

**11. Tábua suporte.**

Fonte: Material do autor.

5.2 Manual de construção do MEGO: Procedimentos passo a passo da unidade didática (globo ocular) – Parte 1.

Figura 77 - 1º Passo - construção do MEGO.



1º Passo: Colar as duas partes do globo com cola de isopor.

Fonte: Material do autor.

Figura 78 - 2º Passo - construção do MEGO.



2º Passo: Tampa de plástico ou molde de madeira de 12 cm diâmetro para marcação onde será visto a projeção da imagem no anteparo (retina) pela parte superior.

Fonte: Material do autor.

Figura 79 - 3º Passo - construção do MEGO.



3º Passo: Fazer um corte frontal no globo utilizando um molde de madeira ou de plástico 7,0 cm diâmetro para colocação da lente convergente (ou utilizar lente de lupa) cristalino. Observação: o molde frontal pode ser a carenagem da própria lupa!

Fonte: Material do autor.

Figura 80 - 4º Passo - construção do MEGO.



4º Passo: Cortar a parte de plástico para retirar a lente (lupa adequada de 100 mm para o globo de 200 mm).

Fonte: Material do autor.

Figura 81 - 5º Passo - construção do MEGO.



5º Passo: Fixar o globo em suporte de madeira (50 cm x 25 cm) + parafuso com arruela e porca).

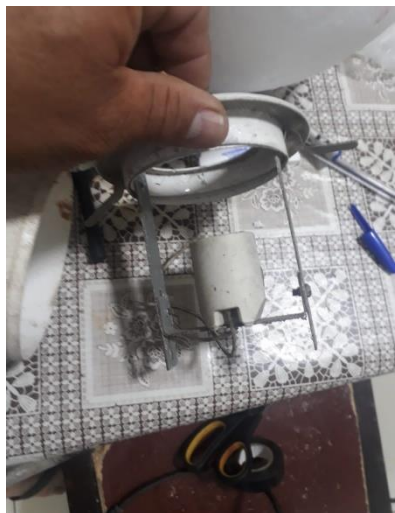
Fonte: Material do autor.

5.3 Manual de construção do MEGO: Procedimentos passo a passo da unidade didática (canhão de luz) – Parte 2.

O canhão de luz é feito com material de sucata ou facilmente encontrados em residências e/ou em lojas de materiais de construção civil (ver imagens da pág. 53 e 54).

1. Cano de PVC com a seguinte especificação: 100 mm;
2. T75;
3. Luva de redução de 75 mm para 40 mm;
4. Caps de 75 mm;
5. 2,0 m de fio 2,5 mm;
6. Bocal soquete de porcelana E27;
7. Lâmpada palito fluorescente para soquete E27

Figura 82 - 1º Passo - construção do Canhão de luz.



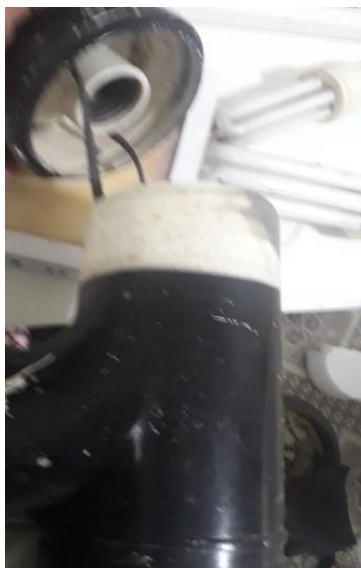
1º Passo: Organizar uma base para o bocal soquete que pode ser de madeira ou de metal.

Obs: Use sua criatividade, se preferir utilize a lata de achocolatado (fundo) ou a tampa do cano PVC para usar como base e fixar o bocal soquete.



Fonte: Material do autor.

Figura 83 - 2º Passo - construção do Canhão de luz.



2º Passo: Conectar a base (soquete) na estrutura (cano) PVC ou de metal (lata) e fazer a ligação aos polos com fios de 2,5 mm.

OBS: Na imagem foi utilizado cano de PVC, o mesmo foi enrolado com fita adesiva (A estética fica melhor apresentado)



Fonte: Material do autor.

Figura 84 - 3º Passo - construção do Canhão de luz.



3º Passo: Após conectar a base (soquete) e os fios de 2,5 mm na estrutura (cano) PVC ou de metal (lata), conecte também o T75 e está pronto o canhão de luz.)

Nas duas últimas etapas, com a confecção experimental, e com todo o repertório desenvolvido durante as atividades, o professor construirá, junto aos alunos, os conceitos de Óptica geométrica, a partir do MEGO, pois através da manipulação experimental, colaboração na montagem e interação com a unidade didática (UD), eles poderão perceber os fenômenos atrelados a (UD).

A seguir, estão algumas imagens criadas e projetadas pelo MEGO, logo após todas as etapas serem cumpridas.

Figura 85 - Imagem virtual, direita e ampliada, situada com o objeto entre o foco objeto (f_o) e centro óptico (O) da lente.



Figura 86 - Projeção da imagem real “dentro da lente” e formação da imagem virtual “fora da lente”.



Fonte: Material do autor.

Figura 87 - Imagem real projetada no interior do MEGO (retina), após sofrer refração na "córnea e cristalino" (lentes de acrílico e vidro).

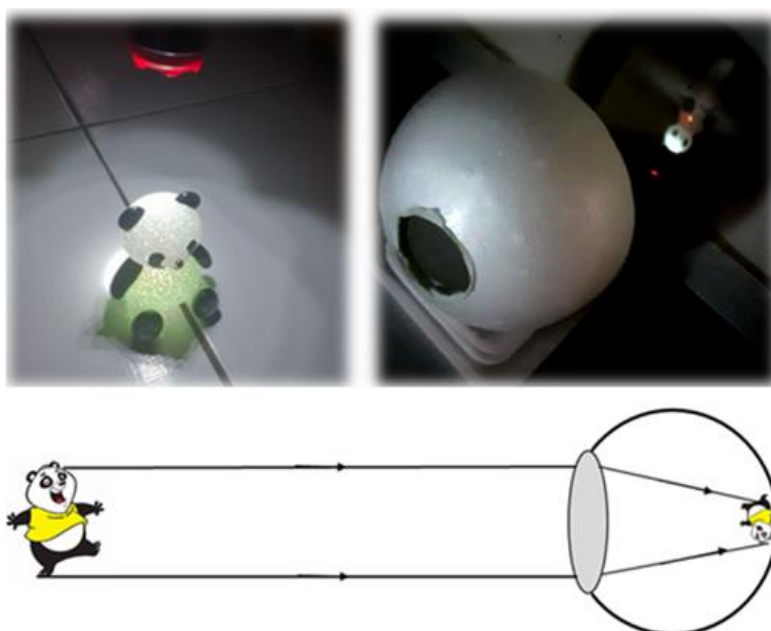


Fonte: Material do autor.

É importante salientar que o Princípio da Propagação Retilínea da Luz também pode ser comprovado através da construção do MEGO, na formação da imagem real projetada na retina. Para esta demonstração, basta a ficção da lente em uma das partes do globo ocular e a incidência do canhão de luz sobre o objeto.

A seguir, a imagem e o esquema que representam a propagação retilínea da luz no MEGO.

Figura 88 - Imagem e esquema representando o Princípio da Propagação Retilínea da luz no MEGO.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

5.4 Organização para experimentação

O professor deve, inicialmente, organizar a sala de aula ou laboratório para a realização da experimentação, bem como os materiais. Em seguida, divide a turma em duplas ou grupos com 4 alunos. No caso dessa, foram divididos em duplas por se tratar de um número reduzido.

O professor deve, inicialmente, organizar a sala de aula ou laboratório para a realização da experimentação, bem como os materiais. Em seguida, divide a turma em duplas ou grupos com 4 alunos. No caso dessa, foram divididos em duplas por se tratar de um número reduzido.

Com o manual experimental do MEGO em mãos, os alunos podem dividir e imprimir cada parte (globo ocular e canhão de luz) separadamente para otimizar o tempo e facilitar a construção. É relevante que o professor esteja por perto para acompanhar o progresso, dando instruções a cada etapa completada. Após a confecção do globo ocular e do canhão de luz, os estudantes devem testar o experimento, e, com a mediação do professor, atrelar os conceitos trabalhados em todos os encontros, terminando na produção final do MEGO. O experimento pode ser realizado de manhã ou à noite, mas é ideal que esteja com pouca luz para ver toda a funcionalidade em relação aos conceitos físicos (refração, reflexão, absorção, defeitos de visão, outros). A metodologia e os procedimentos passo a passo estão descritos no manual nas páginas 134 a 138.

5.5 Feedback dos alunos com relação atividade experimental realizada

Os **alunos A e D** relatam que tiveram poucas dificuldades para cortar a parte frontal (onde a lente é inserida) e superior (onde a imagem é projetada) do globo ocular. No que diz respeito ao canhão de luz, com o manual e as orientações do professor, tornou-se mais simples a construção.

Os **alunos B e C** confessam que deveriam ter mais aulas como essas (experimentais), pois, além de aprenderem de forma diferente, estabeleceram conexões com a teoria. No entanto, tivemos dificuldades para cortar "abrir os buracos" na parte frontal e superior do globo ocular, mas, no final, tudo deu certo. No que diz respeito ao canhão de luz, não tivemos problemas na execução.

Os **alunos W e Z** afirmam que a dificuldade foi na aquisição dos materiais, pois precisavam se locomover para encontrar. No que diz respeito à construção do experimento, foi tranquilo, pois seguimos as instruções e as orientações recomendadas.

Os **alunos X e Y** contaram que não tiveram problemas para fazer a experiência e que essas aulas deveriam acontecer uma vez por bimestre. Também comentaram que se sentiram envolvidos, motivados e participativos. Aulas em que o professor fica só escrevendo e falando deixam os alunos sem vontade de aprender.

Em relação às falas, os alunos relataram que a atividade experimental foi bastante relevante, uma vez que, com a construção do MEGO, foi possível realizar ligações da parte teórica com a experimental. Além disso, eles também consideraram que todos os encontros contribuíram bastante para o aprendizado. Outro ponto relevante é que a experiência foi realizada com materiais simples, fáceis de serem obtidos, além de serem de baixo custo.

De acordo com os alunos, o modo como foram desenvolvidos todos os encontros, foi um guia para facilitar a abordagem dos conteúdos, assim como um guia para a realização da atividade experimental.

A seguir, estão algumas imagens dos momentos da construção realizados por eles:

Figura 89 - Construção dos alunos (MEGO).



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Figura 90 - Construção dos alunos (MEGO).



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Para finalizar as atividades, foram disponibilizadas quatro questões problematizadoras (Verificação de Aprendizagem — 2) no *google forms*, visando atrelar os conceitos construídos e reelaborados durante as atividades propostas, bem como a análise dos dados.

ATIVIDADE DE VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM - 2

1. (UFRR) - “Podemos definir o defeito visual hipermetropia como sendo um defeito oposto ao defeito visual miopia (não permite visão nítida de um objeto distante). A hipermetropia caracteriza-se por um achatamento do olho na direção do eixo anteroposterior ou por uma convergência diminuída em relação ao olho normal. No caso da hipermetropia, a imagem é formada depois da retina e isso provoca falta de nitidez na formação de imagens próximas. Para que uma pessoa hipermetrópe consiga enxergar com nitidez os objetos que estão próximos a ela, é necessário aumentar a convergência de seu olho.

<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/hipermetropia.htm>

em 18/07/2016

Uma pessoa que possui hipermetropia pode utilizar lentes para corrigir esse defeito visual. Nesse caso, pode-se utilizar

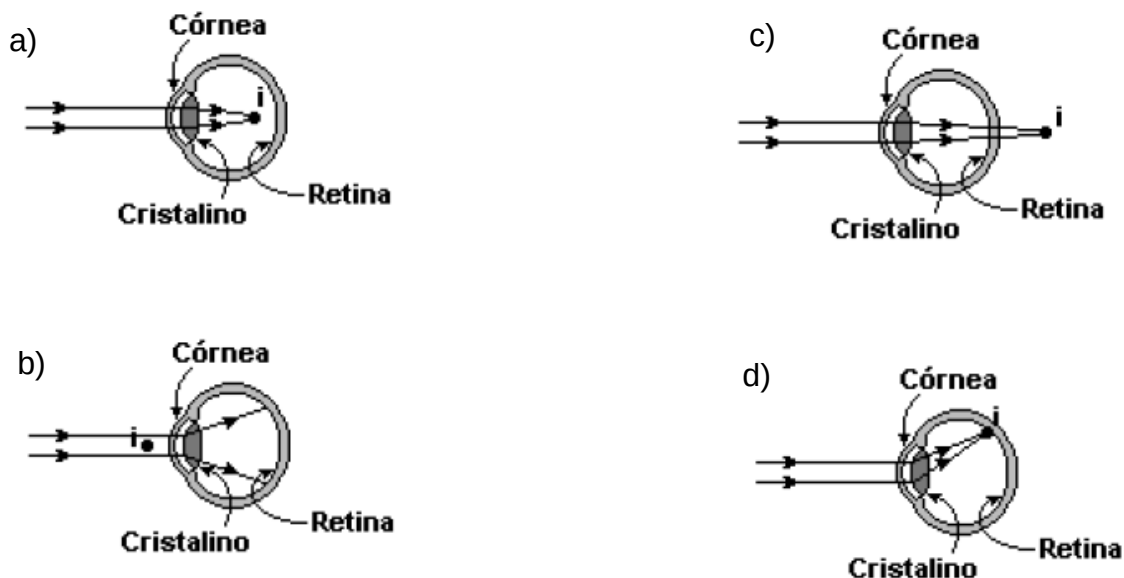
- a) lentes biconvexas
- b) lentes planas e paralelas
- c) espelhos convexos
- d) lentes bicôncavas

2. Pedro é o filho mais novo de Renata. O garoto reclama a alguns dias de que não consegue enxergar o que sua professora escreve no quadro-negro, mesmo que ele se sente na primeira carteira. Ao levar seu filho ao oftalmologista, Renata teve a notícia de que o garoto tinha dificuldade de enxergar de perto. Assinale a alternativa que contém o nome do problema de visão e o tipo de lente que vai ajudar Pedro.

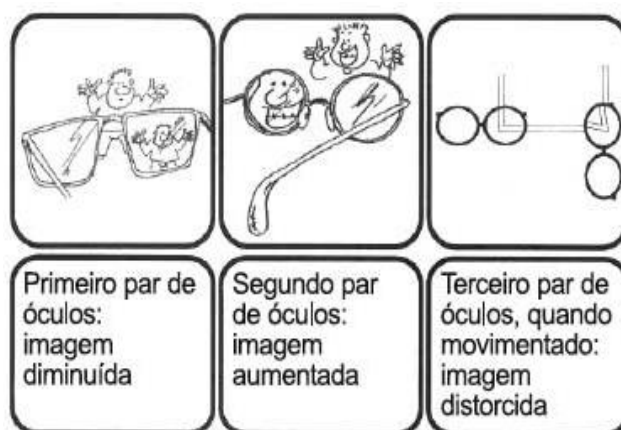
- a) Hipermetropia, lente esférica
- b) Presbiopia, lente convergente
- c) Miopia, lente convergente
- d) Hipermetropia, lente convergente

3. (Uff-RJ) - Algumas escolas estão exigindo avaliação oftalmológica como item de matrícula, objetivando evitar problemas com o aprendizado, tendo em vista que, em muitos casos, o mau aproveitamento escolar do aluno decorre de dificuldades visuais. A miopia é um defeito visual que pode ser causado por uma deformação do globo

ocular ou por uma excessiva vergência do cristalino, e pode ser corrigida utilizando-se uma lente divergente. Analisando os esquemas a seguir, assinale a alternativa que apresenta o defeito de visão de uma pessoa com miopia.



4. (PUC-SP) - Certo professor de física deseja ensinar a identificar três tipos de defeitos visuais apenas observando a imagem formada através dos óculos de seus alunos, que estão na fase da adolescência. Ao observar um objeto através do primeiro par de óculos, a imagem aparece diminuída. O mesmo objeto observado pelo segundo par de óculos parece aumentado e apenas o terceiro par de óculos distorce as linhas quando girado.

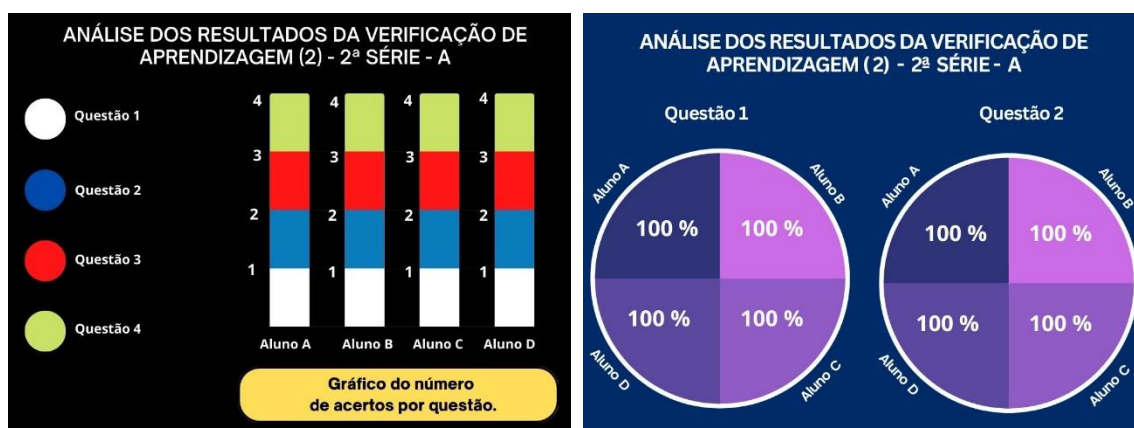


- a) miopia, astigmatismo e hipermetropia.
- b) astigmatismo, miopia e hipermetropia.
- c) hipermetropia, miopia e astigmatismo.
- d) miopia, hipermetropia e astigmatismo.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM (2) - TURMA A

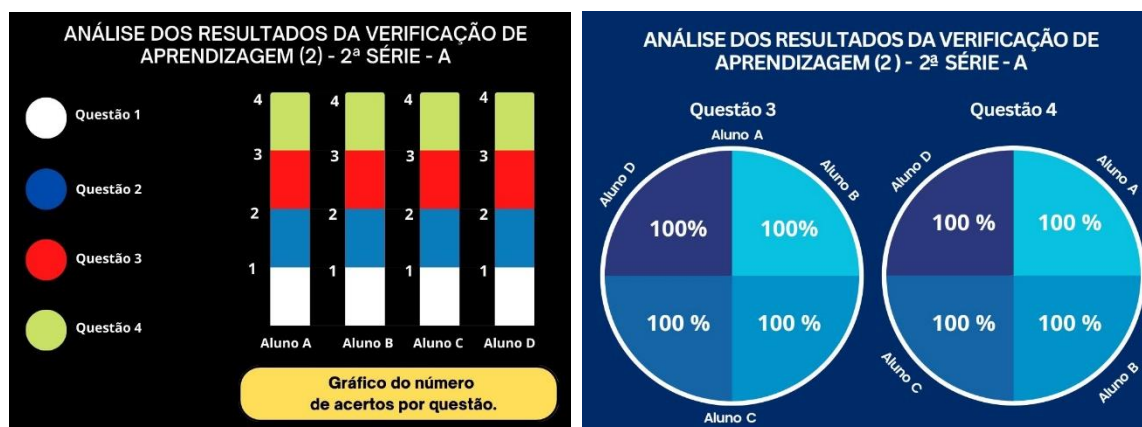
Os gráficos que se apresentam a seguir revelam o progresso dos estudantes em termos de compreensão dos novos conceitos, além da ruptura de paradigmas dos conceitos do senso comum que estavam atrelados às suas ideias prévias.

Gráficos Panorâmicos 14 – Atividade de Verificação - 2 - Turma A



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Gráficos Panorâmicos 15 – Atividade de Verificação – 2 - Turma A



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

O **aluno A** (100% de acertos) conta que as perguntas estavam fáceis, pois, com a atividade da demonstração simulacional e com todas as discussões sobre a elaboração do MEGO, ficou bastante seguro ao assinalar as respostas.

O **aluno B** (100% de acertos) disse que as atividades desenvolvidas foram extremamente importantes para o seu sucesso, confessa ainda que está mais

confiante em si mesmo, ressalta que não enxerga mais a Física como uma matéria difícil, mas com finalidade e, por isso, precisa estar atento e cumprir as tarefas para garantir o sucesso.

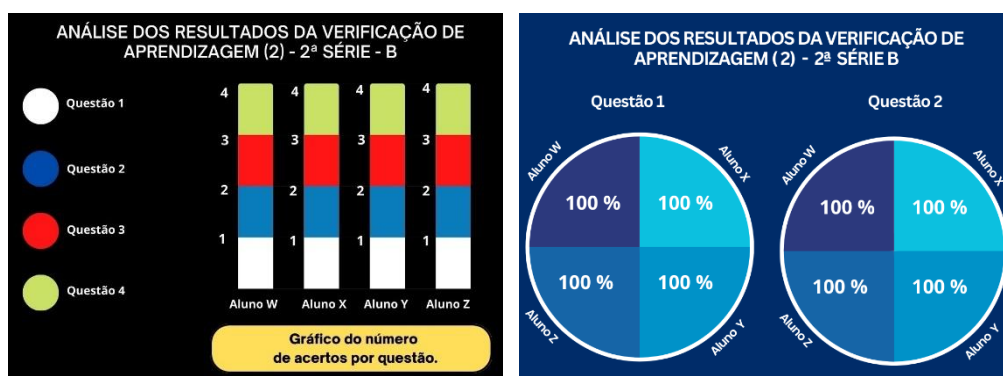
O **aluno C** (100% de acertos) explica que não teve problemas com as questões e se sente mais confiante para respondê-las. Além disso, assegura que as atividades desenvolvidas o auxiliaram a se organizar melhor nos estudos.

O **aluno D** (100% de acertos) disse que as aulas de física deveriam ser “dinâmicas”, pois favorece a integração e o envolvimento da turma nas atividades práticas, valoriza a fala de cada um no momento de discussão em grupo, além de atribuir responsabilidades no cumprimento das tarefas e estabelecer uma rotina de estudo.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM (2) - TURMA A

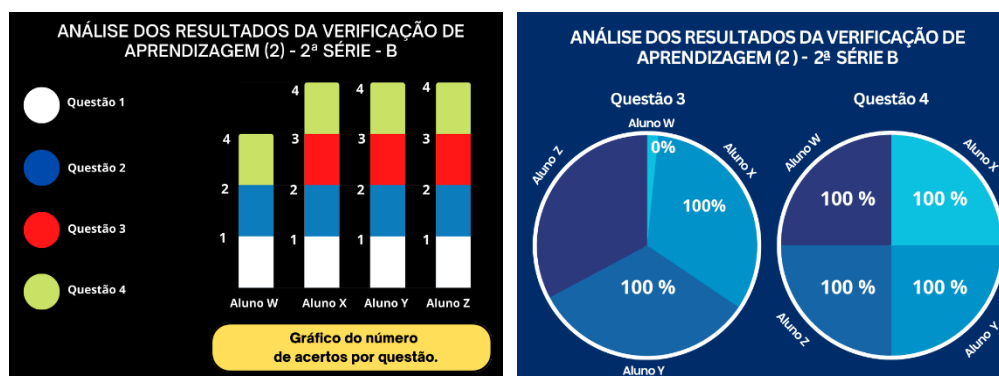
Os gráficos apresentados logo abaixo mostram o avanço dos alunos em termos de compreensão dos novos conceitos, além da quebra de paradigmas dos conceitos do senso comum que estavam atrelados às suas ideias prévias.

Gráficos Panorâmicos 16 – Atividade de Verificação – 2 - Turma B



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Gráficos Panorâmicos 17 – Atividade de Verificação – 2 - Turma B



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

O **aluno W** (75% de acertos) sustenta que errou a terceira questão porque estava muito confiante e não releu as questões, uma vez que elas pareciam bastante com a atividade prática (MEGO) e simulada on-line.

O **aluno X** (100% de acertos) assegura ter alcançado a plena pontuação, mantendo o foco nas aulas e cumprindo as tarefas que foram relevantes para aprimorar o seu repertório.

Os **alunos Y** (100% de acertos) sustentam que os exercícios desenvolvidos a cada encontro facilitaram bastante a conexão para ser assertivo em todas as questões, apontando com segurança as alternativas e, conseqüentemente, tendo êxito em todas elas.

O **aluno Z** (100% de acertos) sustenta ter atingido os 100% de acertos, mantendo o foco, lendo e relendo as questões, uma vez que fica sempre indeciso, mas, como estava muito confiante e com as releituras, teve sucesso.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alguns estudantes consideram o estudo da Óptica Geométrica e da Visão difícil de ser compreendido e sem nenhuma ligação com a rotina diária. Todavia, a UD + MEGO, juntamente com uma série de aulas, apresenta possíveis intervenções (atividades ativas) para auxiliar o professor no aprendizado dos alunos, desmistificando que as Ciências da Natureza, especialmente a Física, são difíceis de serem compreendidas.

Ademais, com um planejamento bem elaborado, estruturado e baseado nos dados obtidos nas atividades diagnósticas e de verificação de aprendizagens, e após a aplicação do produto educacional, é possível afirmar que a sequência de aulas articuladas às atividades ativas (seguindo as orientações recomendadas) promove a construção, reconstrução de conceitos e propicia maior repertório de conhecimento dos alunos.

De acordo com Linhares, C. (TAXINI et al., 2012), o uso de diferentes metodologias e modalidades de ensino é uma tática eficiente e promissora na busca por atender às diferenças individuais dos alunos no que diz respeito à maneira como aprendem e se apropriam dos conteúdos abordados.

Moreira (2003) sustenta que a aprendizagem é relevante quando os novos conhecimentos (conceitos, ideias, modelos, fórmulas, outros) têm significado para os aprendizes, quando conseguem explicar situações usando as suas argumentações, quando conseguem resolver situações problemas novos, enfim, quando compreendem.

Delizoicov e Angotti (1992, p. 29), afirma que despertar nos alunos o interesse pela pesquisa, é promover um repertório científico mais adequado possibilitando a aquisição de novos conhecimentos que ele não detém, e, portanto, essa nova aquisição é conhecida como satisfação intelectual afetiva.

Já Zabala (1998), apresenta a sequência didática como um grupo de tarefas organizadas, estruturadas e relacionadas para atingir fins educacionais específicos, os quais os professores e os alunos conhecem.

Dessa forma, consideramos que a UD + MEGO, aplicadas a uma sequência de aulas, proporciona a aquisição do conhecimento de forma qualitativa e significativa, sendo mais um recurso metodológico relevante para o ensino da Física.

Apesar de UD + MEGO tenha demonstrado números relevantes para este estudo, não se pode dizer que a sequência de aulas que desperta a atenção para as atividades ativas (experimentais, simuladas, diagnósticas, entre outras), seja o único método que o educador deve usar para estimular e despertar aprendizagem dos seus aprendizes.

No entanto, é um produto metodológico relevante para ser usado na rotina de sala de aula, portanto, aplicado a metodologia adequada, considerando todos os elementos que os alunos têm no seu repertório de conhecimento, é possível rever e recriar conceitos e consequentemente atingir a aprendizagem dos alunos.

A aula nesse viés adquire uma dinâmica prazerosa e motivadora, diferentemente da tradicional expositiva. Dessa forma, os alunos podem exercer e desenvolver o protagonismo enquanto sujeitos ativos e reflexivos do processo.

É preciso deixar registrado que pretendemos buscar uma mudança significativa na postura dos alunos ao: oportunizar suas falas, incentivar a participação ativa, respeitar a opinião, ouvir as colocações dos outros, bem como argumentar quanto a validação ou não das mesmas. O gatilho é promover a participação de todos gerando situações (atividades ativas diversificadas: como foram desenvolvidas nessa unidade didática) criadoras de contextos nos quais os alunos precisem tentar compreender, intervir, explicar, construir e reelaborar o conhecimento.

No que diz respeito ao Modelo Experimental Globo Ocular (MEGO), fornece imagens reais e virtuais (momento para discutir sobre refração, lentes esféricas e suas características de imagens), assim como imagens projetadas na retina distorcidas e ajustadas (distância focal) com a movimentação do objeto real e/ou canhão de luz na prática experimental. Diante disso, um bom planejamento interdisciplinar entre os professores de Ciências, em particular Física e Biologia, pode promover uma aula rica em conceitos e significativa em termos de abordagens específicas e em conjunto, como, por exemplo: defeitos de visão pelo ponto de vista físico (reflexão, refração, lentes de correção, etc.) e biológico (fatores genéticos, gradação cores, decodificação de impulsos eletroquímicos pelo cérebro no lobo occipital, etc.). Todavia, não se trata de fornecer um experimento que finja funcionar, mas que aproveite as suas características fundamentais, para motivar, instigar e desafiar a curiosidade do aluno. Nessa tendência pode-se proporcionar ao educando o acesso ao conhecimento científico. Não se trata de obrigá-lo a aprender, mesmo porque isto não é possível,

mas de despertar o interesse pela física, mostrando que ele é capaz de aprender e ter contato com diversas possibilidades de conhecimento.

Sendo assim, o objetivo principal dessa (UD + MEGO), dentro dessa perspectiva é refletir e reelaborar conceitos sobre a importância do conteúdo de Óptica Geométrica e da Visão, partindo das atividades vivenciadas durante todas as etapas dessa (UD + MEGO).

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, M. H. M. B. Memória, narrativas e pesquisa autobiográfica. *Revista História da Educação*, [S. l.], v. 7, n. 14, p. 79–95, 2012. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/asphe/article/view/30223>. Acesso em: 25 mar. 2023.
- ALVES FILHO, JOSE DE PINHO. "**Atividades experimentais: do método à prática construtivista.**" 2000. Dourado. Dissertação.
- AMABIS, J.M.; Martho, G. R. Moderna Plus - **Os fundamentos da Biologia Moderna**. Vol. 4. 4ª ed. São Paulo: Moderna, 2015.
- BISCUOLA, Gualter José; DOCA, Ricardo Helou; NEWTON, Villas Bôas. **Tópicos de Física** – Vol. 2. 19ª ed. São Paulo: Saraiva, 2012.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BORGES, M. C.; CESAR, M. **Experimental interagindo: Processos inovadores de apropriação de conhecimentos em ciências**. Disponível em: <http://cie.fc.ul.pt/membros/mesar/textos>
- BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- DA SILVA, M. M. P.; DE ANDRADE, E. P.; DE ALMEIDA, J. R. Artes de ensinar, ofício de viver: das narrativas (auto) biográficas a uma história pública dos professores. *Revista História Hoje*, [S. l.], v. 8, n. 15, p. 158–181, 2019. DOI: 10.20949/rhhj.v8i15.521. Disponível em: <https://rhhj.anpuh.org/RHHJ/article/view/521>. Acesso em: 24 fev. 2023.
- DANGELO, J.G. e FATTINI, C.A. **Anatomia Humana Básica**. Atheneu. 2ª.ed. Rio de Janeiro, 2004.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Metodologia do ensino de ciências**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1994. 208 p.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 4 ed. São Paulo: Cortez, 2011
- FONSECA, M. DA. **O Laboratório Virtual como atividade complementar de disciplinas introdutórias de mecânica: análise a partir da experiência do giroscópio**. 2015. Mestrado. Dissertação.
- GIRCOREANO, J. P. e PACCA, J. L. A. **O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.18: p. 26- 40, abr. 2001.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. Vol. 4. Óptica e Física Moderna. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

JAMPAULO, Mário. Estrabismo: **O que é, quais são as causas e como tratar**. Disponível em: <<https://vivaofthalmologia.com.br/estrabismo-o-que-e-quais-sao-causas-e-como-tratar/>>. Acesso: em 06 de ago. 2021.

JEWETT Jr., John W.; Serway Raymond A. **Física para cientistas e engenheiros**, vol. 4. 8ª ed. Luz, óptica e física moderna. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

LOPES, R. P., Masiteli, V., & Feitosa, E. (2009). Inclusão de tecnologias de informação e comunicação em escolas públicas de Terra Roxa (SP). Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, 4(2).

MENDONÇA, Vivian L. Biologia: **Os seres vivos**: volume 2: ensino médio / Vivian L. Mendonça. -- 3. ed.- São Paulo: Editora AJS, 2016. - (Coleção biologia)

MOREIRA, Marco Antônio. **Linguagem e aprendizagem significativa**. In: Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Maragogi, AL, Brasil. 2003.

PILETTI, Nelson. **História da educação no Brasil**. 7. ed. São Paulo: Ática, 1989

RAMALHO JÚNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Fundamentos da Física**. - Vol. 2. Termologia, óptica e ondas. 9ª ed. São Paulo: Moderna, 2007

TAXINI, C. L., PUGA, C. C. I., SILVA, C.S.F., OLIVEIRA, R. R., **Proposta de uma sequência didática para o ensino do tema" Estações do Ano" no Ensino Fundamental**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 14, n. 1, p. 81-97, 2012

TIPLER, Paul A. e Mosca, Gene, **FÍSICA para Cientistas e Engenheiros** Volume 2 Eletricidade e Magnetismo, Óptica, Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2009

TRIERVEILER Gustavo, Flemming Julio. **Experimento para modelar a acomodação do olho humano**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 41, nº 2, e20180105 (2019). Disponível em: www.scielo.br/rbef. Acesso em: 12 ago. 2022.

SILVA JÚNIOR, J.F. **A (re) orientação como conhecimento profissional para a formação da habilidade de descrever segundo a teoria da assimilação por etapas de Galperin**. 2018. Doutorado. Tese.

VALADARES, E.C. **Ciência e diversão**. Ciência Hoje das Crianças, n. 97, p. 23, nov 1999.

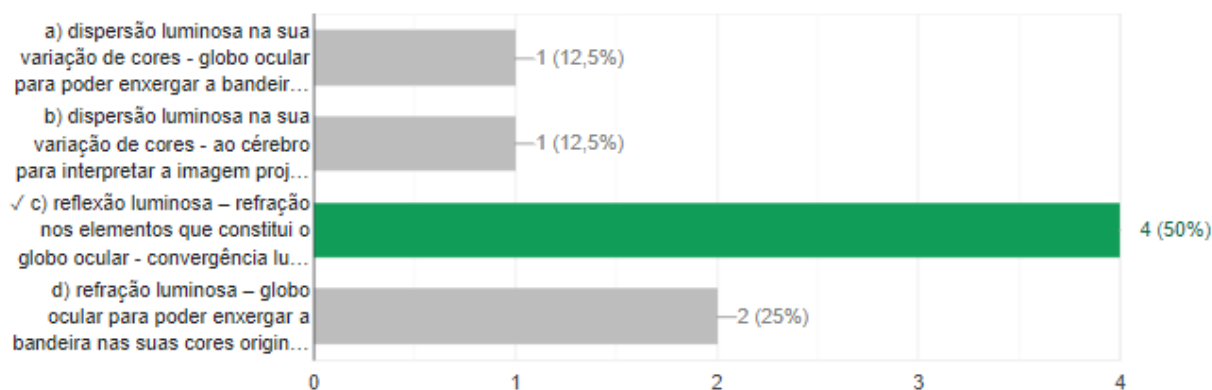
VALADARES, E.C. **Física mais que divertida**. Inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2000.

ZABALA, A. Introdução. ZABALA, A. (org.). **Como trabalhar os conteúdos procedimentais em sala de aula**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

APÊNDICE A – ATIVIDADE DIAGNÓSTICA 1

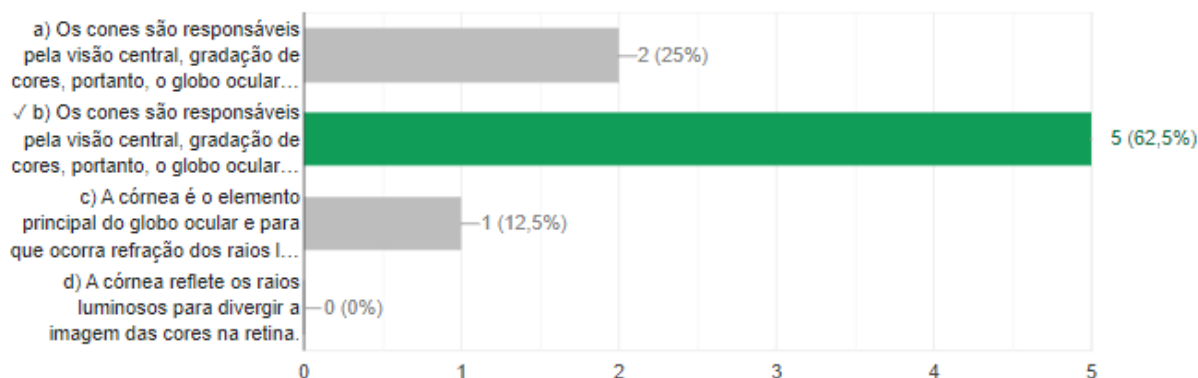
1. Ao concentrarmos nosso olhar no ponto preto da imagem por alguns segundos e em seguida olharmos para parte branca ao lado surge a bandeira do Brasil com suas cores reais. Isso ocorre mais provavelmente devido aos fenômenos

4 / 8 respostas corretas



2. Trocando as cores apresentadas na imagem da figura 46 acima, pelas cores: vermelho no retângulo, azul no losango e branco no círculo, ocorreria o mesmo fenômeno (figura 47). Essa situação é justificada porque:

5 / 8 respostas corretas

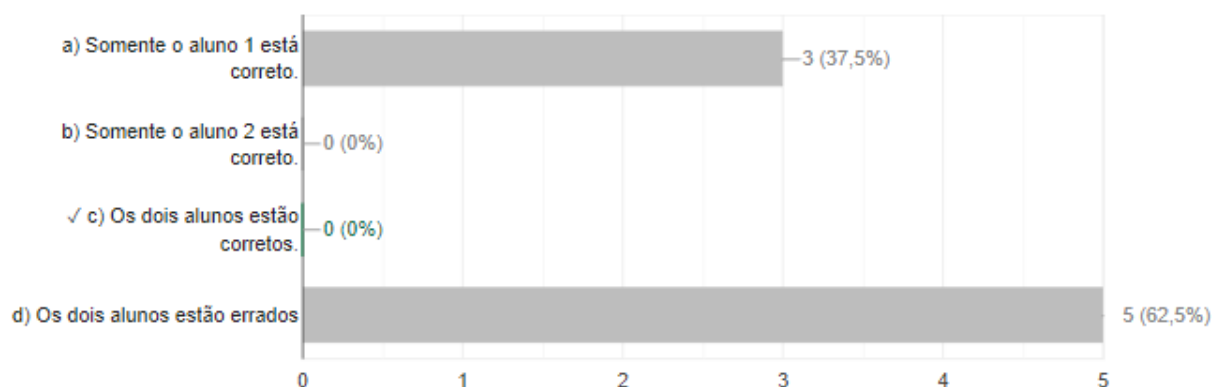


3. Dois alunos 1 e 2, após assistirem a aula de óptica geométrica deram as seguintes explicações a respeito das estórias em quadrinhos dos super heróis: Ciclope, Capitã Marvel e Superman (figura 48), como mostrado abaixo.

Aluno (1): Além da luz não divergi dos olhos, o laser vermelho é muito fraco, não deixando "rastro", não esquenta nem um cafezinho, quanto mais cortar ferro.

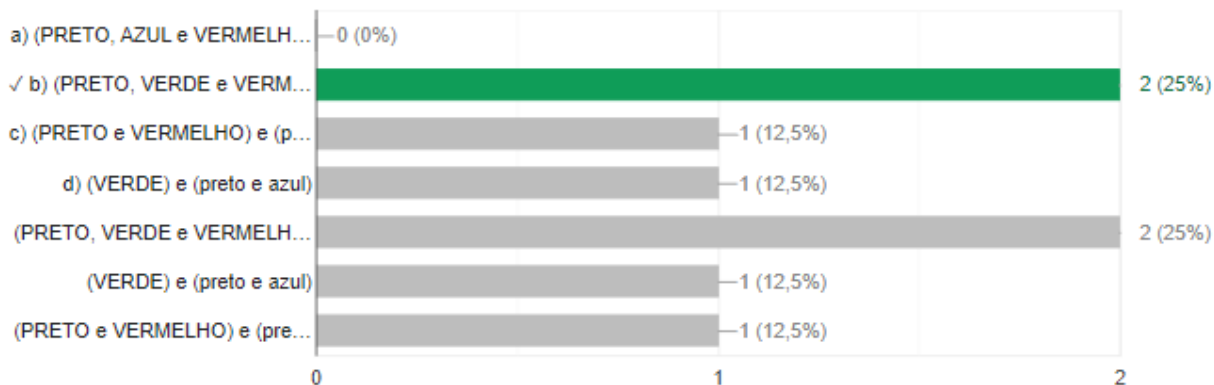
Aluno (2): Se os raios convergir para os olhos, queimaria os elementos que constitui o globo ocular e em particular, a retina, ficando completamente cego.

0 / 8 respostas corretas



4. Observe atentamente a imagem abaixo. Temos uma placa metálica de fundo preto sobre a qual foram escritas palavras com cores diferentes

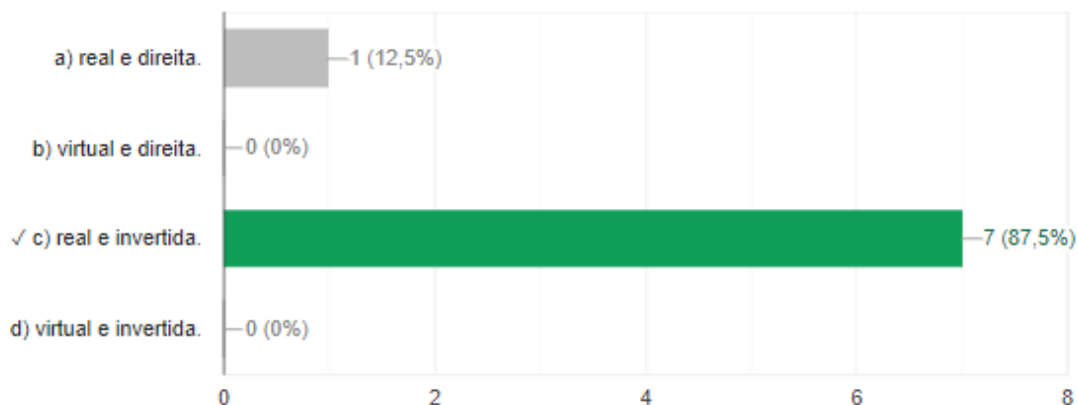
2 / 8 respostas corretas



APÊNDICE B – ATIVIDADE DIAGNÓSTICA 2

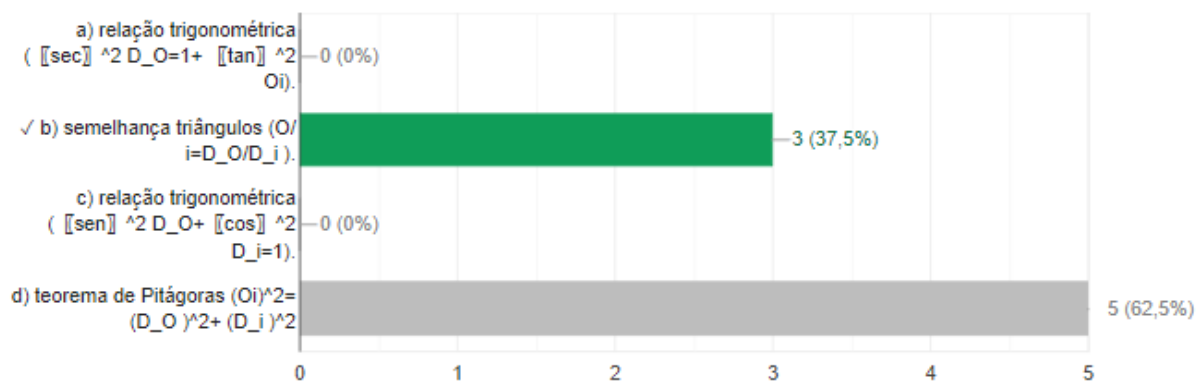
1. De acordo com a atividade experimental “Olhando por dentro da caixa”, qual o tipo de imagem formada dentro da caixa?

7 / 8 respostas corretas



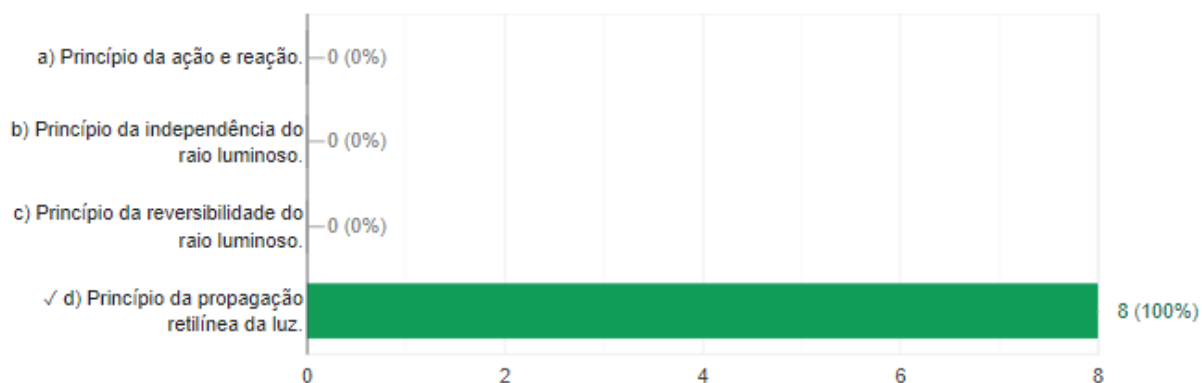
2. Ao ser realizada todas as etapas da experimentação, olhando por dentro da caixa (câmara escura), é possível estabelecer um formalismo matemático entre o trajeto da luz ao atravessar a câmara escura e sua projeção, como mostra na imagem 2 da figura 56.

3 / 8 respostas corretas



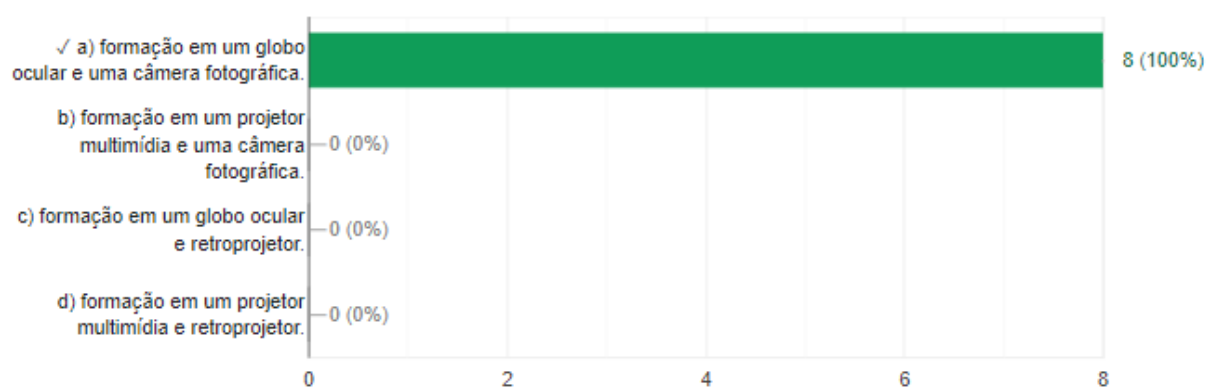
3. Qual princípio físico está mais adequado com a experimentação, olhando por dentro da caixa (ver imagem 57)?

8 / 8 respostas corretas



4. Olhando por dentro da caixa a projeção da imagem conjugada pela experimentação (ver imagem 57) é semelhante a:

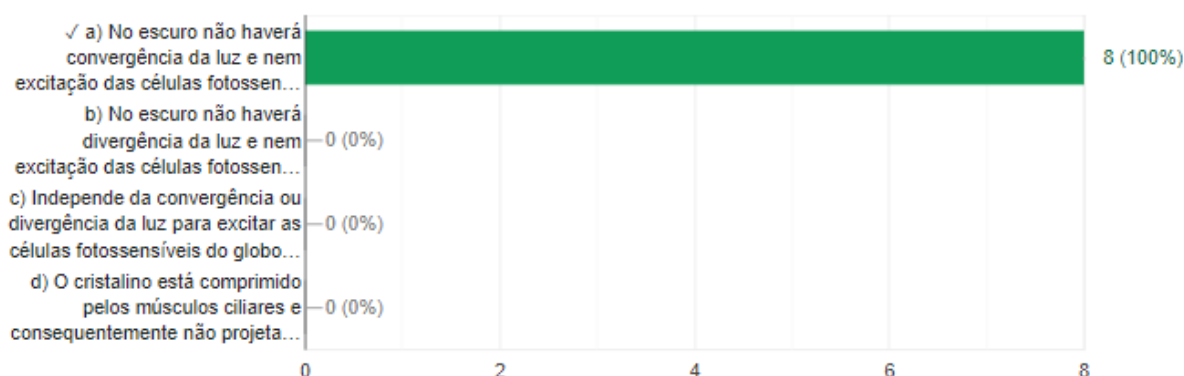
8 / 8 respostas corretas



APÊNDICE C – QUESTÕES DE VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM - 1

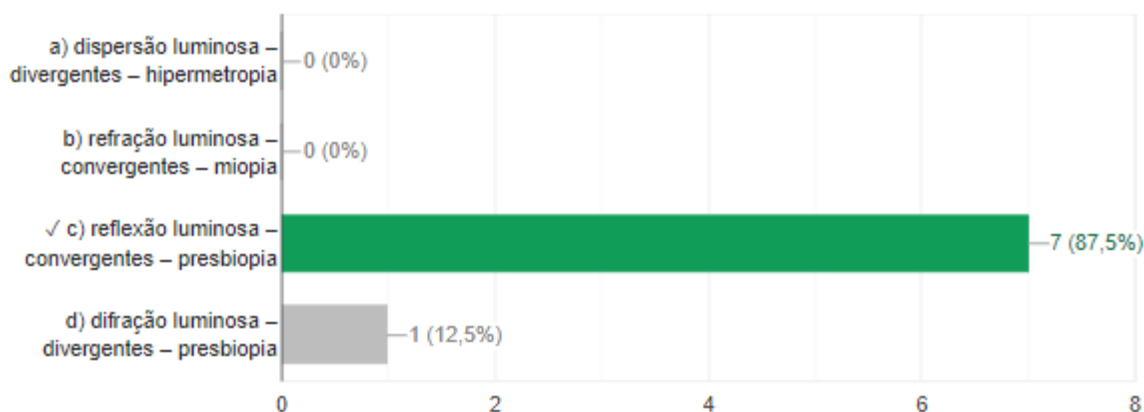
1. Animais de hábitos noturnos como, por exemplo, morcegos predam a noite. Quando colocados dentro de uma sala escura eles conseguem se locomover sem abarrotar em nenhum obstáculo graças ao seu sistema biofísico de ecolocalização, porém se você for colocado na mesma sala não conseguirá ver coisa alguma. Segundo a física e/ou biologia a melhor explicação para não enxergarmos no escuro é porque:

8 / 8 respostas corretas



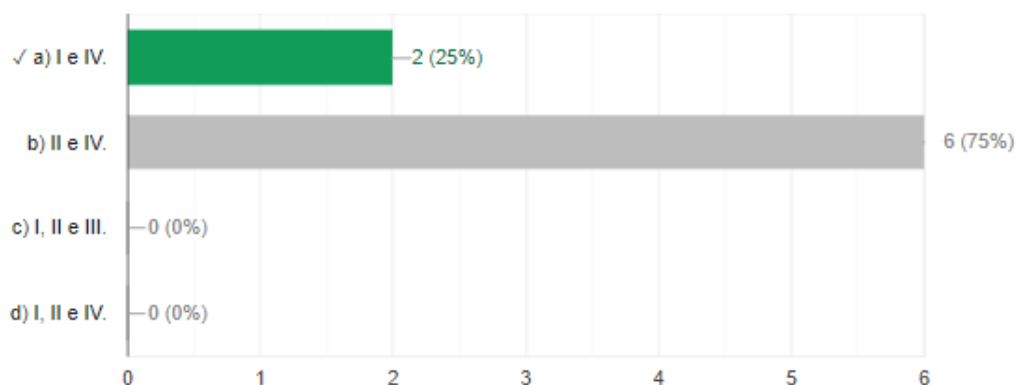
2. Situação como apresentada na imagem abaixo, assemelha a contextos vivenciados por nós. Provavelmente, na sua casa algum familiar utiliza algum tipo de óculos para visualizar melhor objetos e coisas. Com relação a imagem, para o Sr. Márcio enxergar as letras do livro é necessário que haja _____, e ele deve utilizar lentes _____, pois possui defeito de visão denominado _____.

7 / 8 respostas corretas



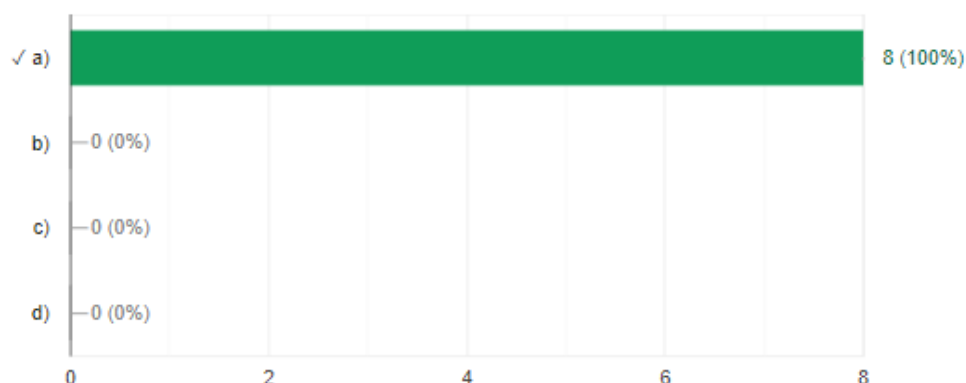
3. A visão é um dos órgãos mais importante e impressionante do ser humano, pois possibilitam através deles enxergar objetos e coisas, como também, distinguir cores, tamanhos, profundidade, informações e movimentos com a recepção da luz. Além disso, são formados por um conjunto de lentes que podem, dentro de certos limites, ajustar seu formato e focalizar os raios de luz na retina, onde se localizam os fotorreceptores. A miopia é um defeito de visão na qual a imagem é projetada antes da retina e, para a correção, é preciso um ajuste desses raios.

2 / 8 respostas corretas



4. Marília e Dirceu estão em uma praça iluminada por uma única lâmpada. Assinale a alternativa em que estão corretamente representados os feixes de luz que permitem a Dirceu ver Marília.

8 / 8 respostas corretas



APÊNDICE D – QUESTÕES DE VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM - 2

1. (UFRR) - "Podemos definir o defeito visual hipermetropia como sendo um defeito oposto ao defeito visual miopia (não permite visão nítida de um objeto distante). A hipermetropia caracteriza-se por um achatamento do olho na direção do eixo anteroposterior ou por uma convergência diminuída em relação ao olho normal. No caso da hipermetropia, a imagem é formada depois da retina e isso provoca falta de nitidez na formação de imagens próximas.

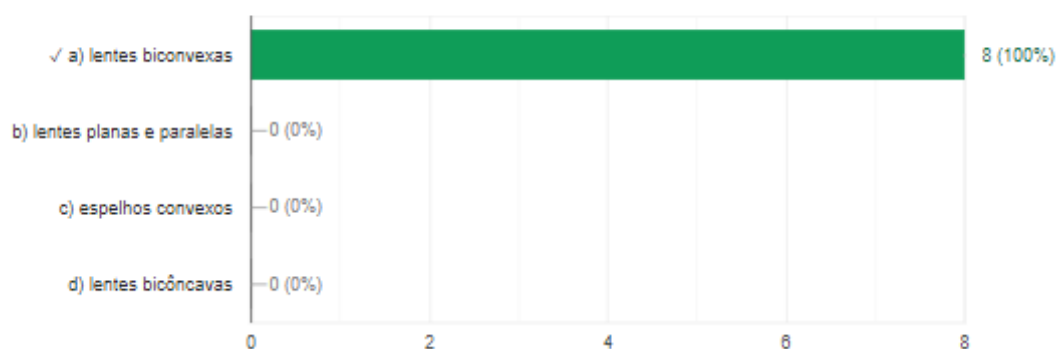
Para que uma pessoa hipermetrópe consiga enxergar com nitidez os objetos que estão próximos a ela, é necessário aumentar a convergência de seu olho.

<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/hipermetropia.htm>

em 18/07/2016

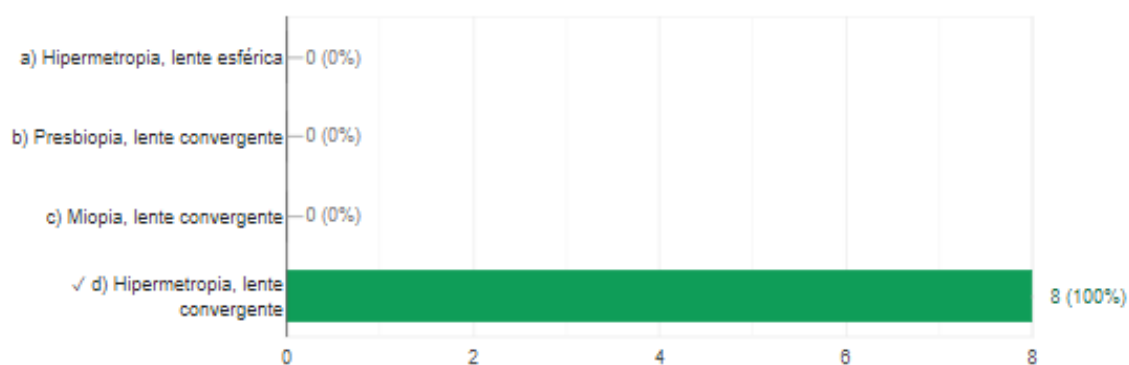
Uma pessoa que possui hipermetropia pode utilizar lentes para corrigir esse defeito visual. Nesse caso, pode-se utilizar

8 / 8 respostas corretas



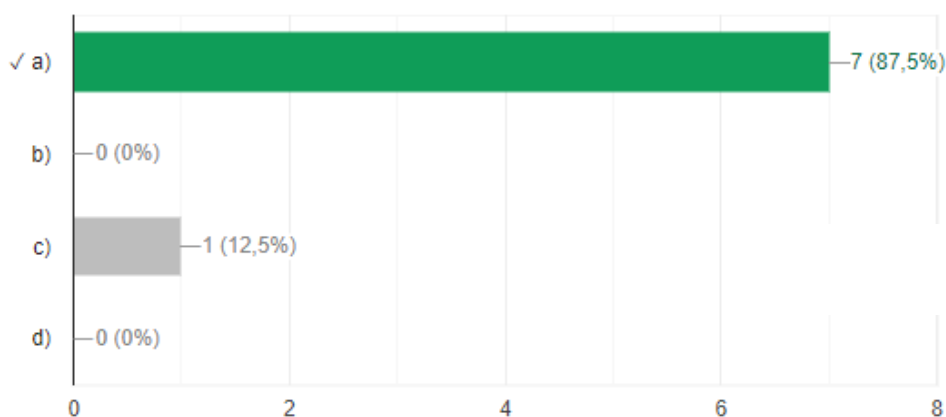
2. Pedro é o filho mais novo de Renata. O garoto reclama a alguns dias de que não consegue enxergar o que sua professora escreve no quadro-negro, mesmo que ele se sente na primeira carteira. Ao levar seu filho ao oftalmologista, Renata teve a notícia de que o garoto tinha dificuldade de enxergar de perto. Assinale a alternativa que contém o nome do problema de visão e o tipo de lente que vai ajudar Pedro.

8 / 8 respostas corretas



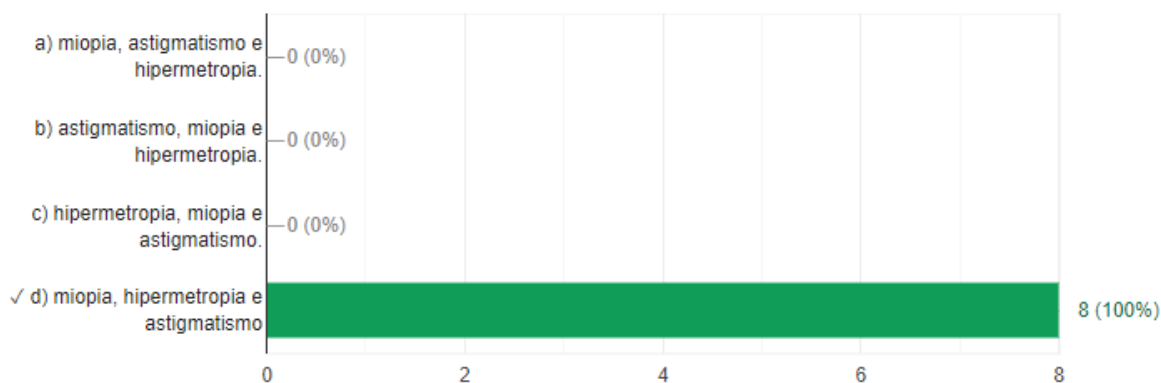
3. (Uff-RJ) - Algumas escolas estão exigindo avaliação oftalmológica como item de matrícula, objetivando evitar problemas com o aprendizado, tendo em vista que, em muitos casos, o mau aproveitamento escolar do aluno decorre de dificuldades visuais. A miopia é um defeito visual que pode ser causado por uma deformação do globo ocular ou por uma excessiva vergência do cristalino, e pode ser corrigida utilizando-se uma lente divergente. Analisando os esquemas a seguir, assinale a alternativa que apresenta o defeito de visão de uma pessoa com miopia.

7 / 8 respostas corretas



4 (PUC-SP) Certo professor de física deseja ensinar a identificar três tipos de defeitos visuais apenas observando a imagem formada através dos óculos de seus alunos, que estão na fase da adolescência. Ao observar um objeto através do primeiro par de óculos, a imagem aparece diminuída. O mesmo objeto observado pelo segundo par de óculos parece aumentado e apenas o terceiro par de óculos distorce as linhas quando girado.

8 / 8 respostas corretas



APÊNDICE E – PRODUTO EDUCACIONAL



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CAMPUS NATAL – CENTRAL / DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

**O MEGO (MODELO EXPERIMENTAL GLOBO OCULAR) E SUA
CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA E DA
VISÃO.**

VALDÉCIO FÉLIX DA SILVA

Natal, RN
2023



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CAMPUS NATAL – CENTRAL / DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

Autor:

Valdécio Félix da Silva

Orientador:

Prof. Dr. José Ferreira da Silva Junior

**O MEGO (MODELO EXPERIMENTAL GLOBO OCULAR) E SUA
CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA E DA
VISÃO.**

Produto Educacional apresentado a Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF – Polo 10 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Natal, RN
2023

SUMÁRIO

1 SEÇÃO.....	4
1.1 O PLANEJAMENTO DIDÁTICO COMO OBJETO EDUCACIONAL: A	
unidade didática.....	4
2 SEÇÃO.....	7
2.1 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	7
2.2 Quadro resumo	7
2.3 Metodologia aplicada a Unidade Didática (UD).....	9
2.3.1 Primeiro encontro.....	9
2.3.2 Segundo Encontro.....	11
2.3.3 Terceiro encontro.....	17
2.3.4 Quarto encontro.....	17
2.3.5 Quinto encontro.....	18
3 SEÇÃO.....	22
3.1 A construção do MEGO.....	22
3.1.1 Sexto encontro.....	22
3.2 - Panorama da proposta MEGO.....	23
3.3. Manual de construção do MEGO: Procedimentos passo a passo da	
unidade didática (globo ocular) – Parte 1.....	29
3.4. Manual de construção do MEGO: Procedimentos passo a passo da	
unidade didática (canhão de luz) – Parte 2.....	30
3.5 Organização para experimentação.....	34
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
REFERÊNCIAS.....	36



ETAPAS DO MANUAL DO PROFESSOR DE FÍSICA

O MEGO (MODELO EXPERIMENTAL GLOBO OCULAR) E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA E DA VISÃO.



1 SEÇÃO:

1.1 O PLANEJAMENTO DIDÁTICO COMO OBJETO EDUCACIONAL: A unidade didática

O planejamento de objetos educacionais consiste em uma atividade profissional que os educadores realizam para desenvolver o currículo escolar, portanto, para pensar a prática pedagógica antes de realizá-la a fim de identificar os problemas fundamentais e dotá-la de uma racionalidade determinada e um direcionamento coerente à sua intencionalidade.

Considerando um pequeno conjunto de aulas (uma unidade), usa-se o conceito de unidade didática, que, como apontavam Campanário e Moya (1999), é uma das tendências mais recentes e bem-sucedidas para o ensino das ciências naturais, disposições estas presentes em pesquisas ainda mais recentes tanto para o público universitário quanto para o nível médio de ensino.

Conforme aponta Leitão (1976), uma unidade didática é o conjunto de objetivos do ensino (noções, habilidades, teorias, leis, etc.) reunidos em torno de uma ideia central (eixo motivador), constituindo um pequeno todo integrado, a ser devidamente incorporado no conjunto de aquisições do indivíduo, através dos seus esquemas de assimilação. ZABALLA (1999, p.193), relata que a unidade didática é um conjunto ordenado de atividades, estruturadas e articuladas para a aquisição de um objetivo educativo em relação a um conteúdo correto.

Sánchez e Valcárcel (1993) apresentam um modelo para o planejamento de unidades didáticas que propicia a construção do conhecimento do estudante de Ciências Naturais da educação básica. Nesse modelo, as análises científica e didática do conteúdo são tarefas fundamentais para a tomada de decisões sobre como ensinar Ciências.

Como descrito por Briccia & Carvalho (2016), o experimento pedagógico planeja instruir os professores de Ciências da Natureza do Ensino Médio, usando a metodologia de trabalhos práticos experimentais, até a coleta de dados.

Já Silva Júnior (2018) descreveu que a forma mais adequada de manter a motivação centrada no objeto de estudo foi estruturar um sistema didático composto por sistemas de tarefas. O sistema de tarefas revelou-se um método ágil para a execução das atividades de formação para a reorientação da habilidade. Além de ser

uma aula dinâmica, permitiu que os alunos tivessem maior independência, uma vez que, gradualmente, as duplas deixaram de pedir auxílio ao professor.

A importância das unidades didáticas tem lugar em atividades planejadas como as práticas experimentais, principalmente aquelas nas quais os estudantes participam da construção dos equipamentos e as utilizam como situações análogas aos sistemas reais. Araújo e Abib (2000) consideram essa categoria como voltada principalmente para o detalhamento da confecção dos equipamentos, sendo, portanto, uma fonte de orientação para professores e alunos. Sendo assim, na óptica geométrica, assim como no trabalho de Guedes et al (2000) é possível compreender o funcionamento do olho humano no processo de focalização das imagens.

Nessa perspectiva, a unidade didática Modelo Experimental Globo Ocular (MEGO) compõe a dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) no polo 10 — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte — IFRN.

As atividades desenvolvidas ao longo da unidade didática (MEGO) deverá despertar nos alunos o interesse pelo funcionamento do olho humano, em analogia a outros objetos simulados experimentalmente. Tempestades de ideias que irão de encontro as suas concepções espontâneas, pois se tratam de: problematizações iniciais, e atividades experimentais. Além disso, eles poderão conseguir reelaborar as respostas das questões mediante as discussões que irão surgir ao longo da aplicação das atividades.

A unidade didática (UD): (MEGO), que será desenvolvida ao longo dessa dissertação, procura principalmente nortear a transposição didática do ensino da óptica. Articuladas à aplicação dessa (UD), foram desenvolvidas apresentações no power point (imagens, tirinhas, fotografias), construção experimental da câmara escura (roteiro), bem como atividades diagnósticas.

Com relação às imagens, tirinhas e fotografias, utilizamos apresentações em power point para estabelecer conexões visuais entre aquilo que eles conhecem sobre fenômenos, leis e princípios (ver quadros de figuras abaixo), bem como detectar as possíveis lacunas de aprendizagens. Com o fechamento das discussões geradas pela apresentação no power point, utilizamos uma atividade diagnóstica.

Quanto à construção experimental da câmara escura, ela pode permitir que os alunos reconstruam os conceitos espontâneos, uma vez que vivenciarão, na prática,

a formação da imagem e, conseqüentemente, a sua projeção, a partir de um momento prático, desafiador, lúdico e prazeroso.

Delizoicov e Angotti (1990, p. 29) apontam que, para compreender o tema e a problematização inicial, é necessária uma sistematização de estudos sob a mediação do professor. Dessa forma, as definições, generalizações, conceitos, relações e leis, discutidas nas atividades propostas, serão agora aprofundadas. Neste sentido, eles vêm apontar a magnitude de diversificar atividades, com as quais se poderá trabalhar para organizar a aprendizagem.

Sendo assim, o uso do produto educacional torna-se relevante, pois promove uma boa aprendizagem, como será descrito mais adiante.

2 SEÇÃO:

2.1 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A unidade didática foi elaborada para cinco aulas de cinquenta minutos cada, para as duas turmas da 2ª Série do Ensino Médio. No entanto, dado que estamos em um momento anormal devido à pandemia da covid-19, a instituição de ensino selecionada para a aplicação do produto educacional foi o Expansivo Colégio e Curso — Unidade: Planalto, com um sistema de ensino híbrido, e sou parte da instituição como professor de Física no Ensino Médio.

Na ocasião, serão apresentadas as atividades variadas (ativas) + construção do MEGO, para as duas turmas da 2.ª série, com 32 alunos cada, mas, apenas 8 alunos, 4 de cada turma, participarão ativamente do processo devido ao momento atípico.

A seguir, apresentamos um quadro resumo da Sequência de Aulas aplicadas em cada encontro da UD.

2.2 Quadro resumo

Apresentamos um breve resumo que, de maneira objetiva e clara, mostra as ações, objetivos, atividades, encontros e a sua duração. A descrição detalhada de cada encontro será apresentada mais adiante nessa seção e na próxima.

Segue abaixo o quadro resumo da Sequência de Aulas aplicada em cada encontro.

Quadro 10 - Sequência de Aulas aplicada a cada encontro. Natal-RN, 2021 e 2022.

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Ação	Formulação dos objetivos de aprendizagem para a sequência de aulas.	Atividades que visam atingir os objetivos de aprendizagem.	Duração de cada encontro
Identificar Reelaborar	Identificar fenômenos físicos, objetos, fontes, outros.	Atividade 1: Elaboração, classificação e atividade diagnóstica.	Aula 1: 100 min
Explicar Medir Construir Reconhecer Sentir Descrever	Explicar, medir e construir a câmara escura ("Olhando por dentro da caixa")	Atividade 2: Atividades experimentais: "Olhando por dentro da caixa" (câmara escura) e "Sala escura".	Aula 1: 100 min
Parecer (feedback) Explicar Classificar Relacionar Reestruturar	Retornar e explicar as experiências vivenciadas, além de relacionar, reestruturar a tabela de conceitos.	Atividade 3: Feedback dos alunos e construção da tabela (2) de classificação e de conceitos.	Aula 1: 100 min
Reelaborar Descrever	Reelaborar e descrever os conceitos relacionados ao estudo da óptica geométrica e da visão.	Atividade 4: Apresentação de fotografias, figuras.	Aula 1: 100 min
Oportunizar Reconstruir Revisitar	Revisitar Oportunizar e reconstruir os conceitos físicos.	Atividade 5: sorteio denominado "Abra Cadabra" e avaliação diagnóstica com quatro questões.	Aula 1: 100 min
Despertar Manipular Construir Medir	Despertar e manipular (interação virtual) medir e construir (MEGO).	Atividade 6: Atividades simulacionais, construção do MEGO e avaliação diagnóstica com quatro questões.	Aula 1: 100 min

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

2.3 Metodologia aplicada a Unidade Didática (UD)

2.3.1 Primeiro Encontro

Em 10 de março de 2021, solicitei permissão à direção e à coordenação da instituição de ensino na qual leciono para aplicar a Produto Educacional (PE) no mês de maio e a resposta foi favorável.

A coordenação pedagógica concordou que o pesquisador, com os alunos, poderá desenvolver a Unidade Didática (UD) e o Produto Educacional (PE) nas quintas-feiras a cada 15 dias, em seis encontros, cada qual correspondendo a duas aulas de 50 minutos, conforme sugerido pelo pesquisador.

É importante ressaltar que a instituição ainda funcionava presencialmente quando a permissão foi solicitada.

No entanto, uma vez que a pandemia (Covid-19) já havia avançado, no mês de maio não foi possível aplicar o Produto Educacional (PE), adiando a aplicação para uma data mais adequada.

Em 5 de agosto de 2021, os estudantes retornaram as atividades educacionais.

Dessa maneira, tive a oportunidade de conversar sobre o Produto Educacional (PE) com as turmas A e B, da 2ª série do ensino médio. As turmas A e B, são compostas por 30 e 32 alunos, respectivamente. Desse total, oito estavam em regime presencial, quatro de cada turma, enquanto os outros, devido à pandemia, seguiam o regime de ensino à distância.

Em termos de Produto Educacional (PE), foram discutidos o número 10 e atividades ativas¹⁶ que seriam mediadas para as duas turmas.

Após conversar, sobre o uso dos recursos tecnológicos (computador, projetor multimídia e power point), apresentamos dez imagens com problematizações iniciais, de modo a despertar questionamentos nos estudantes, para, dessa maneira, obter as respostas aos questionamentos iniciais.

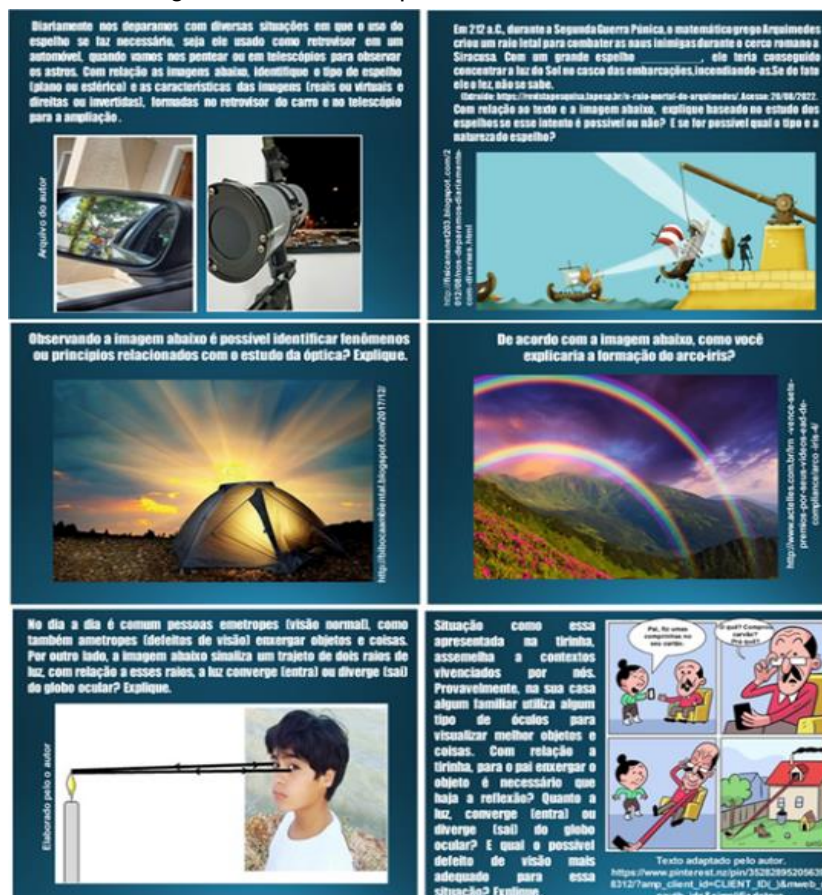
¹⁶ Na atividade ativa, o aluno não somente ouve o conteúdo, mas também executa atividades que o auxiliam a aprender. Moran (2018, p. 2) sustenta que a aprendizagem mais intensa requer espaços de prática recorrentes (aprender fazendo) e ambientes com diversas oportunidades. Dessa forma, é importante incentivar o estímulo multissensorial e a valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes para "ancorar" os novos conhecimentos.

Figura 91 - Ilusão de óptica e reflexão luminosa.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Figura 2 - Ilusão de óptica e reflexão luminosa.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Com a apresentação e as problematizações iniciais com uso power point, foram selecionadas oito respostas, quatro de cada turma, para registro no caderno.

A seleção foi necessária porque há um grande número de estudantes de duas turmas que estão fazendo aulas online.

As ideias foram produzidas e houve debates entre os alunos a respeito da atividade proposta.

Ademais na dissertação desse trabalho serão apresentadas as respostas dos alunos que foram registradas no caderno e na lousa (respeitando as falas de cada um), bem como a tabela de classificação de conceitos 1.

2.3.2 Segundo Encontro

O segundo encontro ocorreu em 19 de agosto de 2021, com oito alunos presentes e os outros em regime de ensino à distância.

Posteriormente, foram apresentadas duas atividades experimentais, a saber: “Olhando por dentro da caixa” (câmara escura) e “Sala escura”.

A primeira, olhando por dentro da caixa (câmara escura), trata-se de uma atividade experimental na qual os alunos são protagonistas de todo o processo desde a fase inicial (confeção) até o término (figura 54).

A seguir, estão as partes e os materiais utilizados para cada experimentação.

Atividade 1: Olhando por dentro da caixa

1ª parte - Materiais:

Figura 3 - Construção 1.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

- Caixa de papelão grande que podemos encontrar em estabelecimentos comerciais, como lojas e supermercados. Em relação ao tamanho da caixa, torna-se importante aquele que seja adequado às dimensões da sua cabeça. É necessário que os olhos estejam próximos à caixa e a cabeça esteja próxima à caixa.
- Papel sulfite (de acordo com o tamanho da lateral da caixa), cola, fita crepe (adesiva), papel camurça preto para cobrir a caixa ou utilize sua criatividade (por exemplo: plástico preto), um pano preto ou de cor escura para envolver no pescoço para impedir a passagem de luz, vela, fósforo e um material perfurante (palito de churrasco, por exemplo) para realizar um pequeno orifício na caixa.

2ª parte - Construção da câmara:

Após considerar todos os cuidados para escolher o tamanho adequado da caixa, deve-se colar o papel sulfite em uma das faces menores da caixa do lado de dentro (em toda a face), fazer um orifício na face oposta, numa posição que fique acima da cabeça.

Meça o diâmetro do pescoço e faça um corte para que a cabeça se adeque e a luz não entre.

Figura 3 - Construção 2.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

3ª parte - Construção da câmara:

Ao finalizar a experiência, o aluno registrará no caderno como a imagem se comportou no interior da caixa e explicará aos colegas se existe uma ligação matemática envolvida na atividade.

Figura 4 - Construção final.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Atividade 2: Sala escura¹⁷

Primeira etapa: Escolher os materiais necessários para a decoração da sala escura (TNT ou lona de plástico preta, fita adesiva e venda de pano de preferência de cor escura).

Segunda etapa: O professor, com a ajuda da equipe pedagógica, organiza a sala sem que os alunos estejam cientes. Atenção! Antes de iniciar a atividade, o professor deve estabelecer dois compromissos: não tirar a venda sem autorização e não conversar quando entrar na sala (a conversa será permitida somente depois que todos os alunos estiverem presentes)

Terceira etapa: O professor leva os alunos, individualmente, para uma sala escura e os deixa com os olhos vendados. Ao entrarem na sala, os alunos são lembrados pelo professor do combinado estabelecido anteriormente (ver imagem 52). Ele pede, então, que retirem as vendas. Nesse momento, o professor levanta questionamentos sobre a natureza da luz e as sensações vivenciadas na experimentação.

¹⁷ A sala escura é uma atividade experimental na qual os alunos continuam sendo os protagonistas da situação, ao serem eles que descreverão todas as sensações experimentadas durante a experiência (figura 52).

3. Qual a sua maior dificuldade encontrada na experimentação?

- a) habilidade para a construir o experimento.
- b) materiais difíceis de ser encontrados.
- c) tempo para realizar.
- d) falta de recursos (tesoura, cola, fita adesiva, outros).

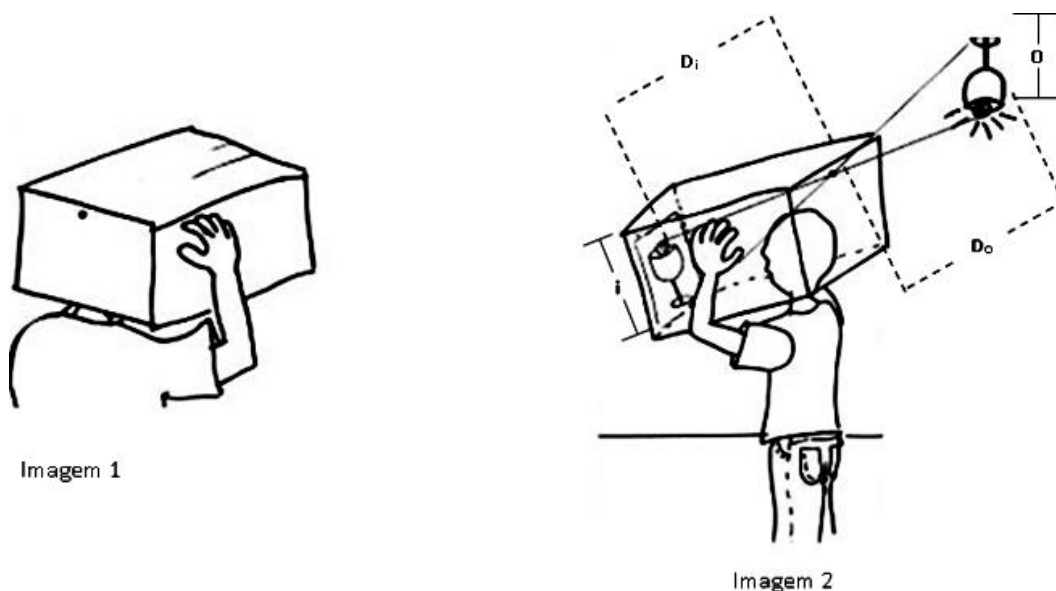
Questões da atividade diagnóstica - 2

1. De acordo com a atividade experimental “Olhando por dentro da caixa”, qual o tipo de imagem formada dentro da caixa?

- a) real e direita.
- b) virtual e direita.
- c) real e invertida.
- d) virtual e invertida.

2. Ao ser realizada todas as etapas da experimentação, olhando por dentro da caixa (câmara escura), é possível estabelecer um formalismo matemático entre o trajeto da luz ao atravessar a câmara escura e sua projeção, como mostra na imagem 2 da figura 6.

Figura 6 - Esquema da câmara escura.



Fonte: Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/753297475142849628/>

A alternativa que melhor representa o formalismo matemático apresentada na imagem 2, é:

- a) relação trigonométrica ($\sec^2 D_o = 1 + \tan^2 O_i$).
- b) semelhança triângulos ($\frac{o}{i} = \frac{D_o}{D_i}$).
- c) relação trigonométrica ($\sin^2 D_o + \cos^2 D_i = 1$).
- d) teorema de Pitágoras ($(O_i)^2 = (D_o)^2 + (D_i)^2$).

3. Qual princípio físico está mais adequado com a experimentação, olhando por dentro da caixa (ver imagem 7)?

Figura 7 - Esquema da câmara escura.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

- a) Princípio da ação e reação.
- b) Princípio da independência do raio luminoso.
- c) Princípio da reversibilidade do raio luminoso.
- d) Princípio da propagação retilínea da luz.

4. Olhando por dentro da caixa a projeção da imagem conjugada pela experimentação (ver imagem 7) é semelhante a:

- a) formação em um globo ocular e uma câmera fotográfica.
- b) formação em um projetor multimídia e uma câmera fotográfica.
- c) formação em um globo ocular e retroprojetor.
- d) formação em um projetor multimídia e retroprojetor.

2.3.3 Terceiro encontro

Em 2 de setembro de 2021, ocorreu o terceiro encontro. Todos os alunos estão em casa, por determinação da lei estadual sobre a Covid-19. Dessa forma, as aulas foram transmitidas pela internet, logo, todas as atividades foram solicitadas e passaram a ser executadas na própria residência, seguindo as orientações do professor.

Todavia, o número de alunos das turmas remotas aumentou consideravelmente, e, na aula anterior, foi solicitado aos oito alunos que estavam assistindo aula presencial que dessem o seu feedback sobre a primeira atividade experimental desenvolvida. Assim, selecionamos quatro respostas de cada aluno da turma A e B, uma vez que teríamos um cronograma a ser cumprido.

Como já havia mencionado, por questões éticas, os alunos das duas turmas serão divididos por letras, sendo A, B, C e D os alunos da 2ª série A, e W, X, Y e Z os alunos da 2ª série B.

Na dissertação desse trabalho serão apresentados os feedbacks dos alunos, mantendo a fala original de cada um, bem como a tabela de classificação de conceitos 2.

2.3.4 Quarto encontro

O quarto encontro ocorreu em 16 de setembro de 2021. Neste encontro, conversamos e retomamos as atividades anteriores com o uso de recursos tecnológicos (computador, projetor multimídia e power point). A intenção é que os alunos revisitem os conceitos que dizem respeito à natureza da luz (absorção, reflexão, refração, difração, defeitos e correções visuais) e estabeleçam uma ligação com o princípio da propagação retilínea. Na dissertação encontra-se, o material apresentado nessa aula.

2.3.5 Quinto encontro

O quinto encontro ocorreu presencialmente em 10 de março de 2022. A justificativa é que os alunos precisavam se preparar para as provas finais da instituição no ano anterior (2021). Sendo assim, para a construção do Modelo Experimental Globo Ocular (MEGO), é necessário que o professor mediador oriente presencialmente todas as etapas, desde a construção inicial até a final.

Após o retorno dos oito estudantes, realizamos um sorteio chamado “Abra Abracadabra”, no qual todos devem participar. O objetivo desta atividade, que usa um sorteio, uma carta marcada, é incentivar o aluno com maior dificuldade a rever as suas respostas, seus conceitos e, dessa forma, reconstruir os mesmos, tirando possíveis dúvidas e fechando possíveis lacunas de aprendizado.

Mais adiante, por meio do MEGO, poderão criar as características das imagens. Dessa forma, retomarão a ideia de que as imagens formadas de “cabeça para baixo” são invertidas. Além disso, as imagens pequenas, como citada pela aluna B, serão classificadas como reduzidas ou menores.

As definições, princípios, conceitos, leis e relações serão explorados e revisitados pelos alunos com a intervenção do professor. No entanto, para que essa intervenção seja efetiva, é crucial que o aluno seja o protagonista de todo processo, como vem sendo desenvolvido na proposta dessa unidade didática.

Em continuidade à proposta da (UD), apresentou-se mais um questionário intitulado: “retomando para praticar”, composto por quatro perguntas aplicadas como forma de verificação da aprendizagem 1. Em relação à verificação da aprendizagem, os resultados serão apresentados nos gráficos dessa dissertação para a comprovação da aprendizagem.

Verificação da aprendizagem 1

(Retomando para praticar)

1. Animais de hábitos noturnos como, por exemplo, morcegos predam a noite. Quando colocados dentro de uma sala escura eles conseguem se locomover sem abarrotar em nenhum obstáculo graças ao seu sistema biofísico de ecolocalização, porém se você for colocado na mesma sala não conseguirá ver coisa alguma. Segundo a física e/ou biologia a melhor explicação para não enxergarmos no escuro é porque:

- a) No escuro não haverá convergência da luz e nem excitação das células fotossensíveis do globo ocular para gerar projeção da imagem na retina.
- b) No escuro não haverá divergência da luz e nem excitação das células fotossensíveis do globo ocular para gerar projeção da imagem na retina.
- c) Independe da convergência ou divergência da luz para excitar as células fotossensíveis do globo ocular, tudo é uma questão de tempo para se adaptar ao ambiente escuro.
- d) O cristalino está comprimido pelos músculos ciliares e consequentemente não projeta a imagem na retina.

2. Situação como apresentada na imagem abaixo, assemelha a contextos vivenciados por nós. Provavelmente, na sua casa algum familiar utiliza algum tipo de óculos para visualizar melhor objetos e coisas. Com relação a imagem, para o Sr. Márcio enxergar as letras do livro é necessário que haja _____, e ele deve utilizar lentes _____, pois possui defeito de visão denominado _____.

Figura 8 - Vista cansada.

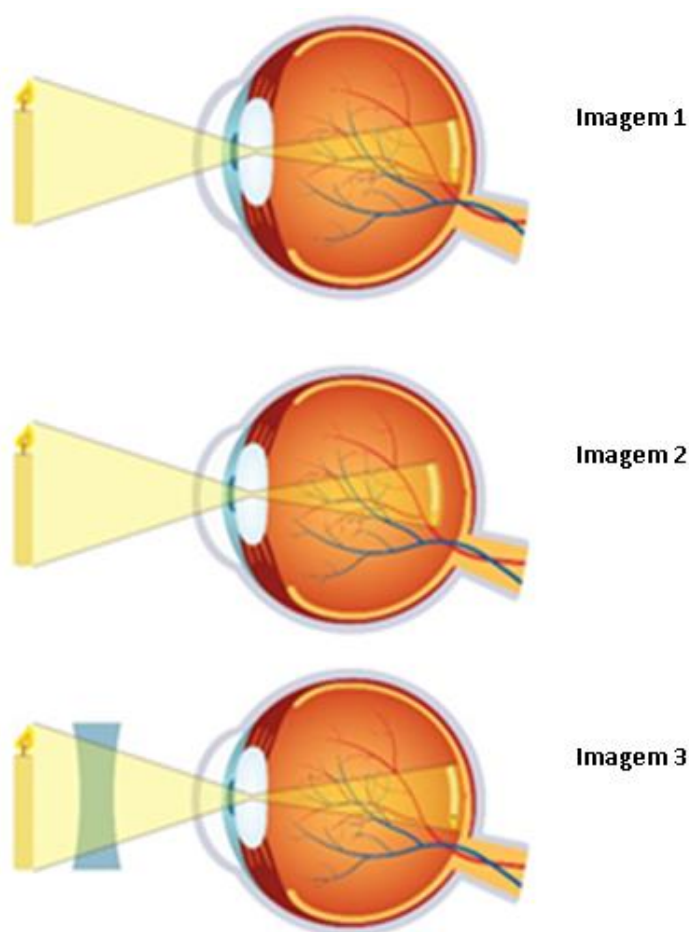


Fonte: Disponível em: <https://visionlaservallarta.com/presbicia-o-vista-cansada/>

- a) dispersão luminosa – divergentes – hipermetropia
- b) refração luminosa – convergentes – miopia
- c) reflexão luminosa – convergentes – presbiopia
- d) difração luminosa – divergentes – presbiopia

3. A visão é um dos órgãos mais importante e impressionante do ser humano, pois possibilitam através deles enxergar objetos e coisas, como também, distinguir cores, tamanhos, profundidade, informações e movimentos com a recepção da luz. Além disso, são formados por um conjunto de lentes que podem, dentro de certos limites, ajustar seu formato e focalizar os raios de luz na retina, onde se localizam os fotorreceptores. A miopia é um defeito de visão na qual a imagem é projetada antes da retina e, para a correção, é preciso um ajuste desses raios.

Figura 9 - Defeito de visão (miopia).



Fonte: Disponível em: <https://www.infoescola.com/visao/miopia/>

Com base no texto e nas imagens apresentadas, considere as afirmações:

I – Figura 1: A imagem da vela é real formada na retina, caracterizando pessoa com visão normal.

II – Figura 2: A imagem da vela é real formada antes da retina, caracterizando pessoa com miopia.

III – Figura 3: A correção da miopia pode ser feita por óculos com lentes convergentes e cirurgia refrativa realizada por meio de um equipamento óptico (um sistema de laser).

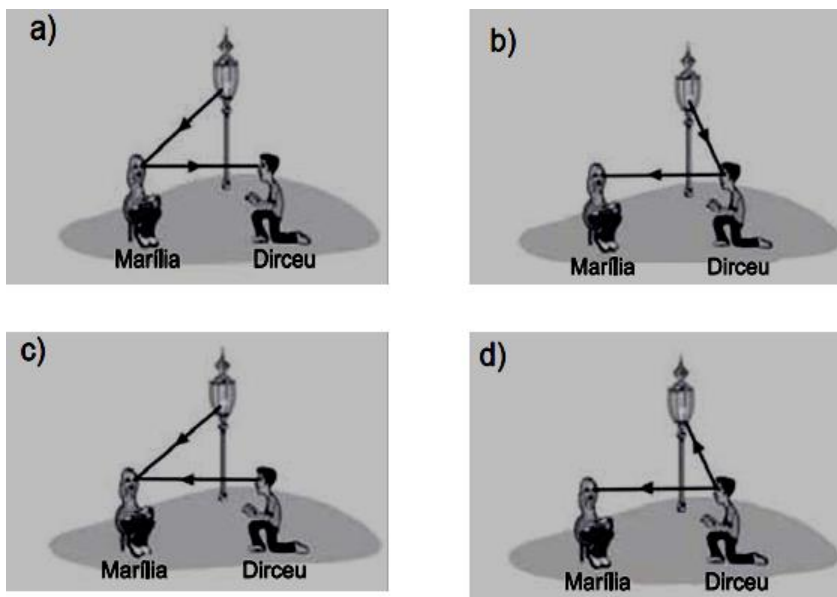
IV - Figura 3, A correção da miopia pode ser feita por óculos com lentes divergentes e cirurgia refrativa realizada por meio de um equipamento óptico (um sistema de laser).

São corretas as afirmações:

- a) I e IV.
- b) II e IV.
- c) I, II e III.
- d) I, II e IV.

4. Marília e Dirceu estão em uma praça iluminada por uma única lâmpada. Assinale a alternativa em que estão corretamente representados os feixes de luz que permitem a Dirceu ver Marília.

Figura 10 - Princípio da propagação retilínea da luz (convergência)



Fonte: UFMG

3 SEÇÃO

3.1 A construção do MEGO.

3.1.1 Sexto Encontro

O sexto encontro ocorreu presencialmente em 24 de março de 2022. Após cumprirem todas as etapas, os alunos foram convidados a participar de atividades simulacionais sobre defeitos visuais (miopia, astigmatismo e presbiopia), disponíveis em: <https://phet.colorado.edu> e <https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>, onde é possível regular a distância focal entre as imagens projetadas antes e depois da retina (ver abaixo imagens de alguns momentos da aula).

A atividade gerou expectativas na sala, pois cada aluno teve a oportunidade de manipular, caracterizar os elementos (íris, córnea, cristalino, músculos ciliares, retina e nervo óptico) que compõem o globo ocular e registrar no caderno como a imagem é captada.

Sendo assim, com os alunos estimulados pela manipulação virtual dos componentes do olho, inicia-se a elaboração do MEGO, seguindo um manual de instruções (partes 1 e 2) passo a passo, como será demonstrado posteriormente.

Figura 92 - Atividade simulacional e registro dos aspectos relevantes da aula.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

É esperado na construção (UD) que os alunos estabeleçam um paralelo entre a proposta (MEGO) e as etapas desenvolvidas durante todo o processo. Assim sendo, o objetivo principal é nortear a transposição didática do ensino da óptica geométrica e da visão. Nesse viés, as atividades que foram desenvolvidas nas etapas anteriores e subsequentes formam um conjunto que propiciam aos discentes uma aprendizagem mais rica e significativa.

3.2 - Panorama da proposta MEGO.

a) Tema:

O MEGO (modelo experimental globo ocular) e sua contribuição para o estudo da óptica geométrica e da visão.

b) Número de aulas:

Essa unidade didática foi desenvolvida para 6 (seis) encontros, equivalente a 12 aulas com duração de 50 minutos cada.

c) Apresentação:

A unidade didática (MEGO), tem como objetivo principal nortear a transposição didática do ensino da óptica. A (UD), aliada às atividades que foram desenvolvidas nas etapas subsequentes formam um conjunto que propiciam aos discentes uma aprendizagem mais rica e significativa. Pois, partem de momentos desafiadores, investigativos e experimentais, gerando dessa forma discussões, tempestades de ideias, curiosidades e repertório de conhecimentos.

O viés utilizado como referencial teórico são os três momentos pedagógicos do Delizoicov & Angotti (1991): Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento.

d) Objetivo geral:

Facilitar a transposição didática do conteúdo Óptica Geométrica destacando a Óptica da Visão.

d.1. Objetivos específicos:

- Promover a participação ativa (opinando, discutindo, ponderando, outros) dos alunos como agentes reflexivos do processo ensino aprendizagem;
- Integrar o conteúdo de óptica da visão, partindo de um momento investigativo, experimental, lúdico e sobretudo com a reelaboração dos conceitos espontâneos, mediante as discussões e os desafios que surgem durante as atividades propostas.

d.2. Objetivos atitudinais:

- Usar a experimentação como forma de compreender melhor o objeto de estudo, em particular o estudo da óptica geométrica e da visão;
- Desenvolver atitudes coerentes para uma aprendizagem significativa em Física;
- Reelaborar estratégias quando os resultados não satisfazem;
- Desenvolver postura solidária e cooperativa que contribua para a socialização dos conhecimentos em óptica geométrica da visão.

e) Conteúdos de aprendizagem:

e.1 – Conceituais: Princípios da óptica geométrica, fenômenos (reflexão (leis), absorção, refração (leis), difração, interferência e polarização), lentes e defeitos visuais.

e.2 – Procedimentais: Conhecer fenômenos que compõem a natureza da luz (reflexão, absorção, refração, difração, interferência e polarização), fazer uso de atividades experimentais para compreender o funcionamento das imagens projetadas em câmaras escuras e no globo ocular.

e.3 – Atitudinais: Promover atitudes relacionadas a construção das atividades experimentais em particular a óptica geométrica e da visão e desenvolver o senso crítico e colaborativo diante das atividades apresentadas.

f. Problemática do Objeto de estudo:

f.1 - Adaptação dos conceitos científicos, por via de um modelo funcional, para modificar os conceitos espontâneos dos alunos em relação ao estudo da óptica geométrica e da visão.

f.2 - Defeitos da visão e a biofísica numa abordagem interdisciplinar.

g. Metodologia:

Ativa (atividade experimental)

h. Hipótese:

O (MEGO) contribui para uma aprendizagem mais significativa, pois permite a conexão dos conteúdos abordados, além de permitir ao aluno a discussão, a reelaboração dos conceitos, a prática e o seu protagonismo.

9. Etapas do Produto Educacional

Figura 12 - Etapas do Produto Educacional.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

10. Materiais para serem utilizados:

- Bola de isopor de 200 mm + molde circular de 12 cm;
- Lupa de 100 mm;
- 2,0 m de fio 2,5 mm;
- Bocal soquete de porcelana E27;
- Lâmpada palito fluorescente para soquete E27;
- Cano de PVC de 100 mm ou lata de óleo cilíndrica de 900 ml vazia T75 luva de redução de 75 para 40 mm caps de 75 mm;
- Estilete e cola de isopor;
- Tábua suporte.

Figura 13 - bola de isopor.



01. Bola de isopor de 200 mm +
molde circular de 12 cm.

Fonte: Material do autor.

Figura 14 - Lupa de 100 m.



02. Lupa de 100 mm.

Fonte: Material do autor.

Figura 15 - fio 2,5 mm.



03. 2,0 m de fio 2,5 mm;

Fonte: Material do autor.

Figura 16 - Bocal soquete de porcelana E27



04. Bocal soquete de porcelana E27

Fonte: Material do autor.

Figura 17 - Lâmpada palito fluorescente para soquete E27.



05. Lâmpada palito fluorescente para soquete E27

Fonte: Material do autor.

Figura 93 - Cano de PVC de 100 mm ou recipiente de plástico. (lata) cilíndrica ou lata cilíndrica de 370 g.



06. Cano de PVC de 100 mm ou recipiente de plástico (lata) cilíndrica de 370 g vazia.

Fonte: Material do autor.

Figura 94 - luva de redução de 75 para 40 mm.



07. luva de redução de 75 para 40 mm.

Fonte: Material do autor.

Figura 20 - Caps de 75 mm.



08. Caps de 75 mm.

Fonte: Material do autor.

Figura 21 -Estilete.



Fonte: Material do autor.

Figura 22 - Cola de isopor.



Fonte: Material do autor.

Figura 23 - Tábua suporte.



Fonte: Material do autor.

3.3. Manual de construção do MEGO: Procedimentos passo a passo da unidade didática (Globo Ocular) – Parte 1.

Figura 24 - 1º Passo - construção do MEGO.



1º Passo: Colar as duas partes do globo com cola de isopor.

Fonte: Material do autor.

Figura 25 - 2º Passo - construção do MEGO.



2º Passo: Tampa de plástico ou molde de madeira de 12 cm diâmetro para marcação onde será visto a projeção da imagem no anteparo (retina) pela parte superior.

Fonte: Material do autor.

Figura 95 - 3º Passo - construção do MEGO.



3º Passo: Fazer um corte frontal no globo utilizando um molde de madeira ou de plástico 7,0 cm diâmetro para colocação da lente convergente (ou utilizar lente de lupa) cristalino. Observação: o molde frontal pode ser a carenagem da própria lupa!

Fonte: Material do autor.

Figura 27 - 4º Passo - construção do MEGO.



4º Passo: Cortar a parte de plástico para retirar a lente (lupa adequada de 100 mm para o globo de 200 mm).

Fonte: Material do autor.

Figura 28 - 5º Passo - construção do MEGO.



5º Passo: Fixar o globo em suporte de madeira (50 cm x 25 cm) + parafuso com arruela e porca).

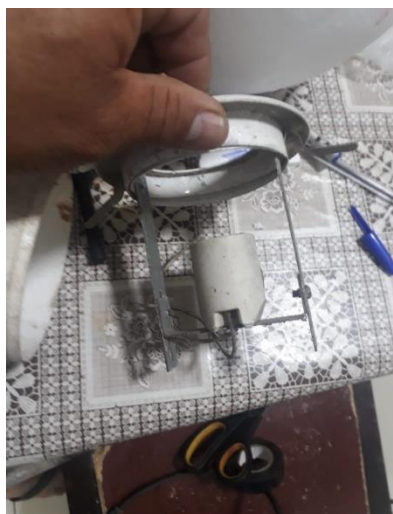
Fonte: Material do autor.

3.4. Manual de construção do MEGO: Procedimentos passo a passo da unidade didática (canhão de luz) – Parte 2.

O canhão de luz é feito com material de sucata ou facilmente encontrados em residências e/ou em lojas de materiais de construção civil (ver imagens da pág. 53 e 54).

8. Cano de PVC com a seguinte especificação: 100 mm;
9. T75;
10. Luva de redução de 75 mm para 40 mm;
11. Caps de 75 mm;
12. 2,0 m de fio 2,5 mm;
13. Bocal soquete de porcelana E27;
14. Lâmpada palito fluorescente para soquete E27

Figura 29 - 1º Passo - construção do Canhão de luz.



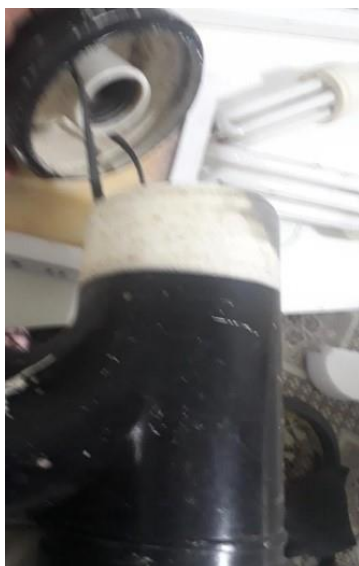
1º Passo: Organizar uma base para o bocal soquete que pode ser de madeira ou de metal.

Obs: Use sua criatividade, se preferir utilize a lata de achocolatado (fundo) ou a tampa do cano PVC para usar como base e fixar o bocal soquete.



Fonte: Material do autor.

Figura 3096 - 2º Passo - construção do Canhão de luz.



2º Passo: Conectar a base (soquete) na estrutura (cano) PVC ou de metal (lata) e fazer a ligação aos polos com fios de 2,5 mm.

OBS: Na imagem foi utilizado cano de PVC, o mesmo foi enrolado com fita adesiva (A estética fica melhor apresentado)



Fonte: Material do autor.

Figura 31 - 3º Passo - construção do Canhão de luz.



3º Passo: Após conectar a base (soquete) e os fios de 2,5 mm na estrutura (cano) PVC ou de metal (lata), conecte também o T75 e está pronto o canhão de luz.)

Nas duas últimas etapas, com a confecção experimental, e com todo o repertório desenvolvido durante as atividades, o professor construirá, junto aos alunos, os conceitos de Óptica geométrica, a partir do MEGO, pois através da manipulação experimental, colaboração na montagem e interação com a unidade didática (UD), eles poderão perceber os fenômenos atrelados a (UD).

A seguir, estão algumas imagens criadas e projetadas pelo MEGO, logo após todas as etapas serem cumpridas.

Figura 33 - Imagem virtual, direita e ampliada, situada com o objeto entre o foco objeto (f_o) e centro óptico (O) da lente.



Figura 34 - Projeção da imagem real “dentro da lente” e formação da imagem virtual “fora da lente”.



Fonte: Material do autor.

Figura 32 - Imagem real projetada no interior do MEGO (retina), após sofrer refração na "córnea e cristalino" (lentes de acrílico e vidro).

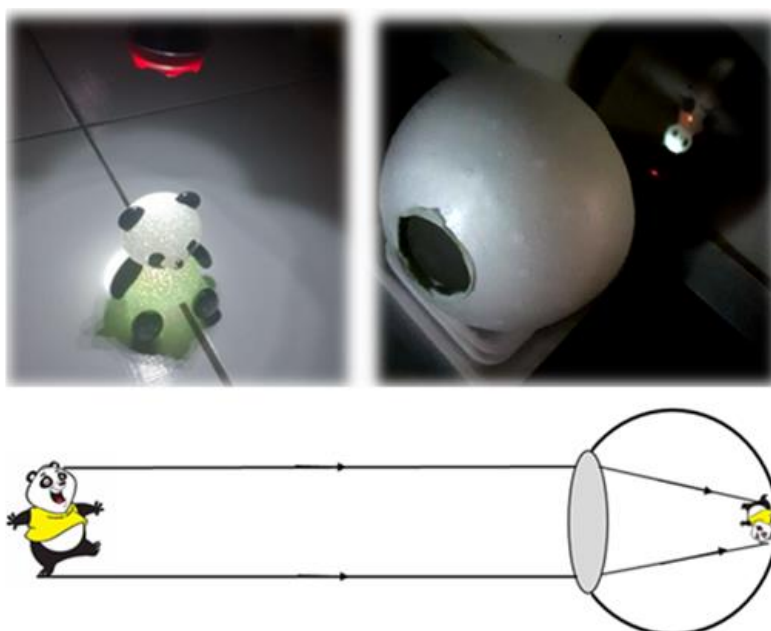


Fonte: Material do autor.

É importante salientar que o Princípio da Propagação Retilínea da Luz também pode ser comprovado através da construção do MEGO, na formação da imagem real projetada na retina. Para esta demonstração, basta a ficção da lente em uma das partes do globo ocular e a incidência do canhão de luz sobre o objeto.

A seguir, a imagem e o esquema que representam a propagação retilínea da luz no MEGO.

Figura 35 - Imagem e esquema representando o Princípio da Propagação Retilínea da luz no MEGO.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

3.5 Organização para experimentação

O professor deve, inicialmente, organizar a sala de aula ou laboratório para a realização da experimentação, bem como os materiais. Em seguida, divide a turma em duplas ou grupos com 4 alunos. No caso dessa, foram divididos em duplas por se tratar de um número reduzido.

O professor deve, inicialmente, organizar a sala de aula ou laboratório para a realização da experimentação, bem como os materiais. Em seguida, divide a turma em duplas ou grupos com 4 alunos. No caso dessa, foram divididos em duplas por se tratar de um número reduzido.

Com o manual experimental do MEGO em mãos, os alunos podem dividir e imprimir cada parte (globo ocular e canhão de luz) separadamente para otimizar o tempo e facilitar a construção. É relevante que o professor esteja por perto para acompanhar o progresso, dando instruções a cada etapa completada. Após a confecção do globo ocular e do canhão de luz, os estudantes devem testar o experimento, e, com a mediação do professor, atrelar os conceitos trabalhados em todos os encontros, terminando na produção final do MEGO. O experimento pode ser realizado de manhã ou à noite, mas é ideal que esteja com pouca luz para ver toda a funcionalidade em relação aos conceitos físicos (refração, reflexão, absorção, defeitos de visão, outros). A metodologia e os procedimentos passo a passo estão descritos no manual. Na dissertação encontra-se os feedbacks dos alunos e as análises dos resultados.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento das atividades aqui expostas tem ligação direta e significativa com o processo de ensino-aprendizagem. A aula nesse viés adquire uma dinâmica prazerosa e motivadora, diferentemente da tradicional expositiva. Nessa perspectiva, os alunos podem exercer e desenvolver seu protagonismo quanto agente ativo e reflexivo do processo.

Ainda com relação as atividades desenvolvidas, essa proposta não têm a finalidade apenas de valorizar os alunos que responderam os questionários ou construíram os experimentos corretamente, mas de valorizar também os alunos que revisitaram suas respostas e reelaboraram os conceitos diante as dificuldades apresentadas.

É preciso deixar registrado que pretendemos buscar também uma mudança significativa na postura ao: oportunizar suas falas, incentivar a participação ativa, respeitar a opinião, ouvir as colocações dos outros, bem como argumentar quanto a validação ou não das mesmas. O gatilho é promover a participação de todos gerando situações (atividades diversificadas: como foram desenvolvidas nessa unidade didática) criadoras de contextos nos quais os alunos precisem tentar compreender, intervir, explicar, construir e reelaborar o conhecimento.

Quanto ao MEGO, o protótipo experimental fornece imagens reais e virtuais, (momento para comentar sobre refração, lentes esféricas e suas características de imagens), bem como imagem projetada na retina distorcidas e ajustas (distância focal) com a movimentação do objeto real na prática experimental. Todavia, não se trata de fornecer um experimento que finja funcionar, mas que aproveite as suas características fundamentais, para motivar, instigar e desafiar a curiosidade do aluno. Nesse contexto pode-se proporcionar ao educando o acesso ao conhecimento científico. Não se trata de obrigá-lo a aprender, mesmo porque isto não é possível, mas de despertar o interesse pela física, mostrando que ele é capaz de aprender e ter contato com diversas possibilidades de conhecimento.

Sendo assim, o objetivo principal dessa (UD), dentro dessa perspectiva é refletir e reelaborar conceitos sobre a importância do conteúdo de Óptica Geométrica e da Visão, partindo das atividades vivenciadas durante todas as etapas dessa (UD).

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. D., & ABIB, M. L. V. S. (2000). **Experimentação no ensino médio: Novas possibilidades e tendências**. ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VII.
- BRICCIA, V., & carvalho, A. M. P. D. (2016). **Competências e formação de docentes dos anos iniciais para a educação científica**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, 18(1), 1-22.
- CAMPANARIO, JM, & MOYA, A. (1999). **Como ensinar ciências? Principais tendências e propostas**. Ensino de Ciências: Revista de Pesquisa e Experiências Didáticas, 179-192.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Metodologia do ensino de ciências**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1994. 208 p.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 4 ed. São Paulo: Cortez, 2011
- LEITÃO, V. A unidade didática. Curriculum, v. 15, n. 4, p. 19-26, 1976
- MOREIRA, M.A. **Linguagem e aprendizagem significativa**. In: Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Maragogi, AL, Brasil. 2003.
- RAMALHO JÚNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Física**. - Vol. 2. Termologia, óptica e ondas. 9ª ed. São Paulo: Moderna, 2007
- SANCHEZ BLANCO, G.; VALCÁRCEL PÉREZ, M. V. **Diseño de unidades didácticas em el área de ciências experimentales**. Enseñanza de las ciências, v. 11 (1), 1993.
- SILVA JÚNIOR, J.F. **A (re) orientação como conhecimento profissional para a formação da habilidade de descrever segundo a teoria da assimilação por etapas de Galperin**. 2018. Doutorado. Tese.
- ZABALA, A. Introdução. ZABALA, A. (org.). **Como trabalhar os conteúdos procedimentais em sala de aula**. Porto Alegre: Artmed, 1999.
- ZABALA, Antoni. **A Prática educativa: como ensinar**. Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.