

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

DANILO FLÜGEL LUCAS

ELABORAÇÃO DE UM PRODUTO EDUCACIONAL PARA A MATERIALIZAÇÃO DE
CONCEITOS NO APRENDIZADO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA APLICADA ÀS
ANOMALIAS DA VISÃO

PONTA GROSSA
2020

DANILO FLÜGEL LUCAS

ELABORAÇÃO DE UM PRODUTO EDUCACIONAL PARA A MATERIALIZAÇÃO DE
CONCEITOS NO APRENDIZADO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA APLICADA ÀS
ANOMALIAS DA VISÃO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Gerson Kniphoff da Cruz

PONTA GROSSA
2020

L932 Lucas, Danilo Flügel
Elaboração de um produto educacional para a materialização de conceitos no aprendizado de óptica geométrica aplicada às anomalias da visão / Danilo Flügel Lucas. Ponta Grossa, 2020.
175 f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - Área de Concentração: Física na Educação Básica), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Gerson Kniphoff da Cruz.

1. Ensino de física. 2. Lentes esféricas. 3. Anomalias da visão. I. Cruz, Gerson Kniphoff da. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Física na Educação Básica. III.T.

CDD: 530.1

DANILO FLÜGEL LUCAS

ELABORAÇÃO DE UM PRODUTO EDUCACIONAL PARA A MATERIALIZAÇÃO DE
CONCEITOS NO APRENDIZADO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA APLICADA ÀS
ANOMALIAS DA VISÃO

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), pela seguinte banca examinadora:

Ponta Grossa 15 de julho de 2020.

Prof. Dr. Gerson Kniphoff da Cruz - (UEPG) – Presidente

Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva- (UEPG)

Prof. Dr. Rafael Ribaski Borges- (UTFPR)



Documento assinado eletronicamente por **Jeremias Borges da Silva, Professor(a)**, em 15/07/2020, às 16:50, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Ribaski Borges, Usuário Externo**, em 15/07/2020, às 16:52, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Gerson Kniphoff da Cruz, Professor(a)**, em 15/07/2020, às 17:03, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **0248538** e o código CRC **9D249674**.

Dedico esta dissertação a todas as pessoas que acreditam que a educação é o melhor caminho para mudar o mundo.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

À UEPG por disponibilizar ensino público de qualidade.

Agradeço imensamente a todos que de alguma forma participaram do desenvolvimento dessa dissertação e contribuíram para que eu conseguisse chegar até aqui. Em especial o meu orientador, Professor Gerson Kniphoff da Cruz que muito me apoiou e me ensinou desde o tempo de graduação e que durante o período do mestrado foi um verdadeiro orientador.

Agradeço a todos os meus colegas e amigos de curso que com muita disposição frequentaram as disciplinas do mestrado nos finais de semana e mesmo cansados compartilharam bons momentos comigo nesses últimos anos.

Agradeço também a minha família pela paciência comigo durante esse período em que precisei me fazer ausente em vários momentos para me dedicar integralmente ao curso.

Por fim, agradeço à minha esposa Pâmela Sofia Krzysynski que por todo esse tempo me apoiou, me ajudou e foi minha base para que eu continuasse em frente.

RESUMO

Em uma breve pesquisa sobre o estado atual do ensino de óptica na disciplina de física da educação básica, percebe-se que ainda é muito presente o ensino da óptica acompanhada de uma grande carga matemática sem a devida atenção à compreensão real dos conceitos. Para romper essa barreira de ensino superficial, em relação aos conceitos, buscamos desenvolver uma prática que foge do ensino tradicional, que possibilite e utilize a modernidade da visão dos conceitos já conhecidos da psicologia aplicados às teorias de ensino. Propomos então implementar um produto educacional que possibilite um estudo de lentes esféricas mais rico em conceitos e que seja mais realista por trabalhar o assunto como ele é: numa visão em três dimensões, aplicado nas mais comuns anomalias da visão, como a miopia e a hipermetropia. O produto educacional foi desenvolvido por meio de uma sequência de aulas dividida em três etapas. A primeira etapa foca na abordagem de temas específicos que são extremamente importantes para o produto educacional, assim como as características das lentes esféricas. Nessa etapa também são considerados alguns conceitos básicos da teoria de ensino de Jerome S. Bruner e da teoria da criação do conhecimento real exterior de Gerson K. Cruz. Na segunda é focada a teoria da óptica geométrica de lentes esféricas através da utilização de um sistema iluminador composto de 9 led's de acendimento independente, lentes esféricas e um anteparo para a projeção da imagem formada. E por último, a fase final de avaliação do aprendizado. Conforme a análise dos dados de um questionário descritivo juntamente com a descrição individual dos conceitos realizada pelos alunos no final de cada etapa, foi possível traçar uma rede de palavras para a verificação do ganho de vocabulário dos alunos durante a aplicação do produto educacional. Dessa análise foi possível comprovar que a descrição das atividades manuscritas auxilia muito na fixação dos conceitos básicos. Essa percepção fica evidente e é constatada no comparativo das redes de palavras durante e depois da aplicação do produto.

Palavras-chave: Ensino de física, lentes esféricas, anomalias da visão.

ABSTRACT

In a brief research on the current state of optics teaching in the physics subject in high school, it is noticed that the teaching of optics accompanied by a great mathematical load is still very present without due attention to the real understanding of concepts. To break this barrier of superficial teaching, in relation to concepts, we seek to develop a practice that avoid traditional teaching, which allows and uses the modernity of the familiar concepts' view of psychology applied to teaching theories. We seek to implement an Educational Product that enables a study of spherical lenses richer in concept and more realistic by working on the subject as it is: in a three-dimensional view, applied to the most common vision anomalies: myopia and hyperopia. The Educational Product was developed through a sequence of classes divided into three parts. The first part focuses on the approach of specific themes that are extremely important for the educational product, as well as the characteristics of the spherical lenses. At this stage, some basic concepts of Jerome S. Bruner's theory of teaching and Gerson K. Cruz's theory of creation of Real Exterior knowledge are considered. The second stage focuses on the theory of geometric optics of spherical lenses through the use of an illuminating system composed by 9 independent performance led's, spherical lenses and a screen to project the created image. And finally, a final phase of learning assessment. According to the analysis of the descriptive questionnaire data, with an individual description of the concepts performed by the students at the end of each step, it was possible to trace a net of words to verify the students' vocabulary gain during the application of the educational product. Based on this analysis, it was possible to prove that the description of the activities in real time helps greatly in the establishment of basic concepts. This perception is evident and is verified in the comparison of the word nets during and after the application of the product.

Keywords: Physics teaching, spherical lenses, vision anomalies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Seções transversais de lentes convergentes com sua respectiva representação em duas dimensões.....	18
Figura 2 – Seções transversais de lentes divergentes com sua respectiva representação em duas dimensões.....	19
Figura 3 – Representação esquemática do eixo óptico de uma lente convergente.....	19
Figura 4 – Um raio luminoso que passa pelo centro óptico de uma lente esférica.	20
Figura 5 – Um raio luminoso paralelo ao eixo óptico de uma lente esférica.	20
Figura 6 – Um raio de luz passa pelo ponto de foco em uma lente esférica.	21
Figura 7 – Objeto além do centro de curvatura de uma lente convergente.	21
Figura 8 – Objeto no centro de curvatura de uma lente convergente.	22
Figura 9 – Objeto entre o ponto de foco e ponto centro de curvatura de uma lente convergente.....	22
Figura 10 – Objeto no ponto de foco de uma lente convergente.	23
Figura 11 – Objeto entre o ponto de foco e o centro óptico de uma lente convergente.	23
Figura 12 – Objeto a qualquer distância de uma lente divergente.	24
Figura 13 – Diagrama esquemático com a indicação das variáveis utilizadas na equação de Gauss.	25
Figura 14 – Representação anatômica básica do olho humano (a) com a focalização da imagem (b) na retina.....	26
Figura 15 – Representação de um olho com visão normal e de um olho com miopia com sua respectiva correção óptica.	28
Figura 16 – Representação de um olho com visão normal e de um olho com hipermetropia com sua respectiva correção óptica.....	29
Figura 17 – Nuvem de palavras gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014); Etapa 01 - Questão 07.	59
Figura 18 – Rede de similitude gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014); Etapa 01 - Questão 07.	60
Figura 19 – Nuvem de palavras gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014); Etapa 02 - Questão 17.	61
Figura 20 – Rede de similitude gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014); Etapa 02 - Questão 17.	61

Figura 21 – Nuvem de palavras gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014); Etapa 03 - Questão 35.....	62
Figura 22 – Rede de similitude gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014); Etapa 03 - Questão 35.....	63
Figura 23 – Nuvem de palavras gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014); Avaliação Diagnóstica - Questão 07.....	64
Figura 24 – Rede de similitude gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014); Avaliação Diagnóstica - Questão 07.....	64
Figura 25 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 01.	79
Figura 26 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 01.	80
Figura 27 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 11.	80
Figura 28 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 11.	81
Figura 29 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 29.	81
Figura 30 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 29.	82
Figura 31 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 01.	82
Figura 32 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 01.....	83
Figura 33 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 02.	83
Figura 34 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 02.	84
Figura 35 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 30.	84
Figura 36 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 30.	85
Figura 37 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 02.	85
Figura 38 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 02.....	86
Figura 39 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 03.	87
Figura 40 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 03.	87
Figura 41 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 31.	88
Figura 42 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 31.	88
Figura 43 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 03.	89
Figura 44 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 03.....	89
Figura 45 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 04.	90
Figura 46 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 04.	90
Figura 47 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 32.	91
Figura 48 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 32.	91
Figura 49 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 04.	92
Figura 50 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 04.....	92

Figura 51 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 05.	93
Figura 52 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 05.	93
Figura 53 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 33.	94
Figura 54 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 33.	94
Figura 55 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 05.	95
Figura 56 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 05.	95
Figura 57 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 06.	96
Figura 58 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 06.	96
Figura 59 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 34.	97
Figura 60 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 34.	97
Figura 61 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 06.	98
Figura 62 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 06.	98
Figura 63 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 07.	99
Figura 64 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 07.	99
Figura 65 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 17.	100
Figura 66 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 17.	100
Figura 67 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 35.	101
Figura 68 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 35.	101
Figura 69 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 07.	102
Figura 70 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 07.	102
Figura 71 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 08.	103
Figura 72 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 08.	103
Figura 73 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 36.	104
Figura 74 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 36.	104
Figura 75 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 08.	105
Figura 76 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 08.	105
Figura 77 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 09.	106
Figura 78 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 09.	106
Figura 79 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 37.	107
Figura 80 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 37.	107
Figura 81 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 09.	108
Figura 82 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 09.	108
Figura 83 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 10.	109
Figura 84 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 10.	109

Figura 85 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 38.	110
Figura 86 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 38.	110
Figura 87 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 10.	111
Figura 88 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 10.	111
Figura 89 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 21.	112
Figura 90 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 21.	112
Figura 91 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 11.	113
Figura 92 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 11.	113
Figura 93 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 22.	114
Figura 94 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 22.	114
Figura 95 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 12.	115
Figura 96 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 12.	115
Figura 97 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 23.	116
Figura 98 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 23.	116
Figura 99 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 13.	117
Figura 100 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 13.	117
Figura 101 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 24.	118
Figura 102 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 24.	118
Figura 103 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 14.	119
Figura 104 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 14.	119
Figura 105 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 25.	120
Figura 106 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 25.	120
Figura 107 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 15.	121
Figura 108 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 15.	121
Figura 109 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 26.	122
Figura 110 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 26.	122
Figura 111 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 16.	123
Figura 112 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 16.	123
Figura 113 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 27.	124
Figura 114 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 27.	124
Figura 115 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 17.	125
Figura 116 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 17.	125
Figura 117 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 28.	126
Figura 118 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 28.	126

Figura 119 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 18.....	127
Figura 120 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 18.....	127

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Iluminador.	38
Fotografia 2 – Imagem do iluminador projetada através de uma lente convergente.	39
Fotografia 3 – Feixes de luz laser paralelos atravessando uma lente convergente.	40
Fotografia 4 – Feixes de luz laser convergindo em uma lente convergente.	41
Fotografia 5 – Feixes de luz laser paralelos divergindo em uma lente divergente.	41
Fotografia 6 – Imagem do iluminador (objeto) com uma distância superior a dez metros do centro óptico da lente sendo projetada na superfície do anteparo.	42
Fotografia 7 – Imagem da luz do iluminador (objeto) projetada através de uma lente convergente com um objeto posicionado um pouco além de duas vezes a distância focal da lente.....	44
Fotografia 8 – Dimensão da imagem formada na condição do experimento da fotografia 7.....	45
Fotografia 9 – Ajuste do paquímetro na dimensão do tamanho do objeto (led's do iluminador).	45
Fotografia 10 – Iluminador (objeto) posicionado à distância equivalente ao dobro da distância do foco da lente.	46
Fotografia 11 – Comparação do tamanho da imagem formada com o paquímetro que foi previamente ajustado na dimensão do objeto.	47
Fotografia 12 – Condição experimental para a formação da imagem através de uma lente convergente com o objeto um pouco mais próximo do ponto de foco da lente.....	48
Fotografia 13 – Projeção da fotografia 12 com o paquímetro ajustado para o tamanho do objeto (iluminador).	49
Fotografia 14 – Tentativa de encontrar o plano de focalização de uma imagem (imprópria) nas proximidades de uma lente convergente com o objeto situado no foco da lente.	49
Fotografia 15 – Projeção da imagem numa parede a dez metros de distância da lente convergente.....	50
Fotografia 16 – Inversão horizontal da imagem formada através de uma lente convergente.....	51
Fotografia 17 – Inversão vertical da imagem formada através de uma lente convergente.	51

Fotografia 18 – Inversão vertical e horizontal da imagem formada através de uma lente convergente.....	52
Fotografia 19 – Detalhe de obstrução da luz do objeto (iluminador) pela direita antes da lente convergente na condição de imagem real e invertida.	53
Fotografia 20 – Detalhe de obstrução da luz da fotografia 19, com sua respectiva imagem invertida através da lente convergente.....	54
Fotografia 21 – Tentativa de encontrar o plano de focalização de uma imagem (virtual) nas proximidades de uma lente convergente com o objeto situado entre o centro óptico e o ponto de foco da lente.....	55
Fotografia 22 – Imagem virtual visualizada atrás da lente convergente de um objeto que está entre o centro óptico da lente e o ponto de foco.....	55
Fotografia 23 – Imagem virtual visualizada atrás da lente convergente de um objeto que está entre o centro óptico da lente e o ponto de foco.....	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REFERENCIAL FÍSICO	17
2.1	INTRODUÇÃO AOS PRINCÍPIOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA	17
2.2	REFRAÇÃO.....	17
2.2.1	Índice de Refração.....	18
2.3	LENTE S ESFÉRICAS	18
2.3.1	Propriedades dos Raios que Incidem em uma Lente.....	19
2.3.2	Construção Geométrica das Imagens	21
2.3.3	Equação de Gauss para Lentes	25
2.3.4	Vergência de Lentes	26
2.4	A FORMAÇÃO DA IMAGEM NO OLHO HUMANO E AS ANOMALIAS DE VISÃO.....	26
2.4.1	Formação da Imagem no Olho Humano	26
2.4.2	Anomalias da Visão.....	27
2.4.2.1	Miopia	27
2.4.2.2	Hipermetropia.....	28
3	REFERENCIAL TEÓRICO	30
3.1	REFERENCIAL DE ENSINO	30
4	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	38
4.1	INTRODUÇÃO.....	38
4.2	DESENVOLVIMENTO	39
4.2.1	Explicação Teórica - Primeira Etapa.....	39
4.2.2	Desenvolvimento Experimental - Segunda Etapa	40
4.2.3	Aplicação às Anomalias da Visão - Terceira Etapa	56
4.2.4	Aplicação da Avaliação Diagnóstica.....	57
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
	REFERÊNCIAS	66
	APÊNDICE A – ESCRITA ORIENTADA (PARTE 1)	67
	APÊNDICE B – ESCRITA ORIENTADA (PARTE 2)	69
	APÊNDICE C – ESCRITA ORIENTADA (PARTE 3)	72
	APÊNDICE D – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA	76
	APÊNDICE E – ANÁLISE DAS QUESTÕES AVALIATIVAS	79

1 INTRODUÇÃO

Em muitos casos as atividades didáticas em sala de aula se resumem a imagens bidimensionais reproduzidas nos livros e/ou apostilas na tentativa de ilustrar em duas dimensões as situações que na verdade ocorrem em três dimensões.

Para fornecer uma alternativa ao ensino tradicional, em relação aos conceitos ópticos trabalhados em duas dimensões, buscamos desenvolver uma prática que foge do ensino convencional, e que possibilite um novo olhar dos conceitos já conhecidos da psicologia aplicados às teorias de ensino no ensino de óptica geométrica.

Procuramos aplicar um produto educacional que seja assistido por uma prática acadêmica de registro manuscrito, que possibilite um estudo de óptica geométrica mais rico em conceitos e que seja mais realista por trabalhar o assunto como ele é: numa visão em três dimensões. Para tanto, traçamos como objetivos:

Objetivo geral:

- Construir um produto educacional que facilite o processo de aprendizagem no ensino da óptica geométrica e que seja assistido por uma prática acadêmica de registro manuscrito.

Objetivos específicos:

- Introduzir os conceitos básicos de lentes esféricas no ensino de óptica geométrica em três dimensões;
- Aplicar os conceitos de lentes esféricas ao estudo de anomalias da visão.
- Avaliar o resultado da aplicação do produto educacional na evolução do vocabulário dos alunos.

Com base nesses objetivos fica evidente que durante o decorrer das atividades serão abordadas as anomalias mais comuns da visão como miopia, hipermetropia, astigmatismo e presbiopia, porém, na aplicação do produto educacional, essas abordagens tem apenas o intuito de sanar a curiosidade dos alunos, mas a presente dissertação se restringiu basicamente às anomalias de visão de miopia e hipermetropia, sendo analisados apenas as lentes esféricas convergentes e divergentes.

2 REFERENCIAL FÍSICO

2.1 INTRODUÇÃO AOS PRINCÍPIOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA

A definição de luz é um termo complexo dentro da física por se tratar de uma onda eletromagnética que apresenta características ondulatórias e/ou corpusculares (FEYNMAN, 2008). No entanto, para o estudo da óptica geométrica é bem estabelecido pela área da física que, para um meio transparente e homogêneo, o estudo pode ser feito apenas com base na sua direção de propagação que é retilínea (FEYNMAN, p. 2008). Nessa condição a luz é tratada com um feixe de luz que pode sofrer desvios devido aos fenômenos de reflexão e de refração, onde suas características básicas explicam com satisfação os fenômenos envolvidos em lentes esféricas e anomalias da visão.

2.2 REFRAÇÃO

O fenômeno da refração ocorre quando a luz, que se propaga num determinado meio, atravessa a interface e passa a se propagar no meio adjacente conforme o princípio de Fermat descrito por Feynman:

A primeira maneira de pensar que evidenciou a lei sobre o comportamento da luz foi descoberta por Fermat por volta de 1650, e é denominada o *princípio do mínimo tempo*, ou *princípio de Fermat*. Sua ideia é a seguinte: de todos os possíveis caminhos que a luz pode tomar para ir de um ponto a outro, a luz escolhe o caminho que requer o tempo mais curto. (FEYNMAN, 2008, p. 26-3).

A de observações conclui-se que, quando a luz cruza a interface entre meios com diferentes densidades, o caminho seguido nem sempre será o da direção inicial. Isso porque a luz irá permanecer por mais tempo no meio em que sua velocidade for menor e permanecerá menos tempo no meio em que sua velocidade for maior. (FEYNMAN, 2008)

O que se observa, para incidência oblíqua, é que quanto maior for o desvio em relação à sua direção de propagação inicial antes da interface maior será a diferença da velocidade da luz nos meios que produzem a interface.

2.2.1 Índice de Refração

Um número útil para a análise do fenômeno de refração é o índice de refração, que compara a velocidade da luz em um determinado meio com a velocidade da luz no vácuo através de uma razão matemática:

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

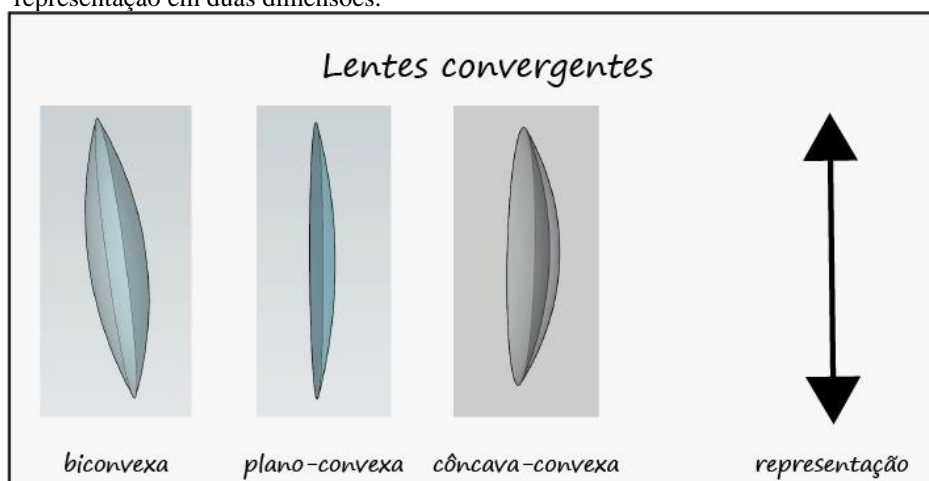
Pode-se observar que quanto menor for a velocidade da luz em determinado meio, maior será o índice de refração, e maior será o desvio sofrido pelo feixe de luz ao cruzar a interface entre os meios.

2.3 LENTES ESFÉRICAS

Lentes são elementos ópticos produzidos a partir da utilização de uma interface curva entre dois meios. Assim, dadas as condições de convergência ou divergência da interface entre os meios, as lentes esféricas conseguem convergir ou divergir raios luminosos por meio do fenômeno da refração da luz em relação ao centro óptico da lente e de forma simétrica ao mesmo.

Dessa forma é possível se produzir lentes esféricas com características de convergência de luz em três formatos bem conhecidos conforme a figura 1 mostra em suas seções transversais:

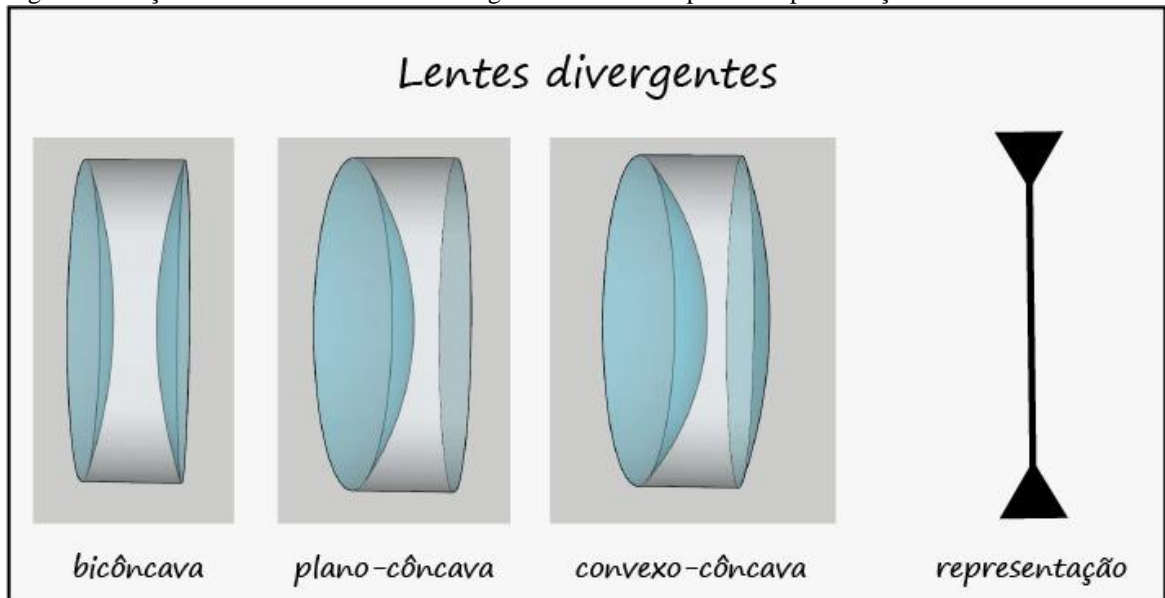
Figura 1 — Seções transversais de lentes convergentes com sua respectiva representação em duas dimensões.



Fonte: Cruz, G. K. (2020).

Também é possível obter lentes esféricas com características de divergência de luz em três formatos bem conhecidos conforme representação apresentada na figura 2.

Figura 2 – Seções transversais de lentes divergentes com sua respectiva representação em duas dimensões.

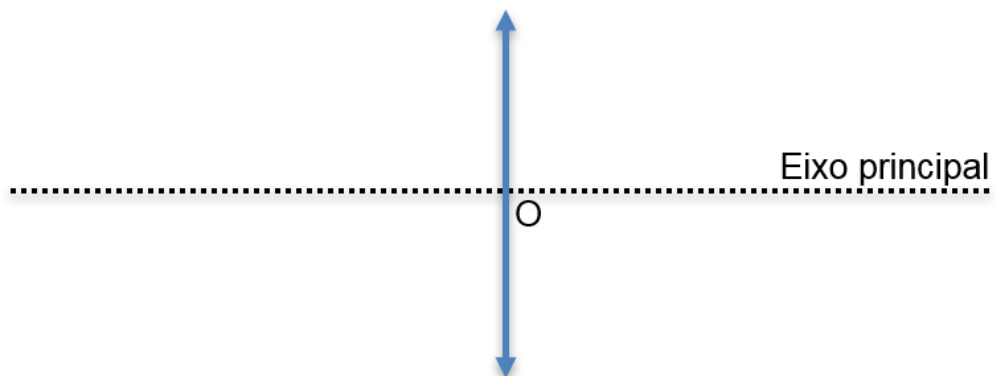


Fonte: Cruz, G. K. (2020).

2.3.1 Propriedades dos Raios que Incidem em uma Lente

Todo sistema óptico possui características específicas quanto a formação de imagem. Nessa análise algumas direções são preferenciais e auxiliam na tarefa. A direção principal é aquela em que um feixe de luz é transmitido através da lente sem ser desviado. Essa direção chamamos de eixo óptico ou eixo principal da lente (Figura 3). Esse ponto passa pelo centro da lente, chamado de centro óptico.

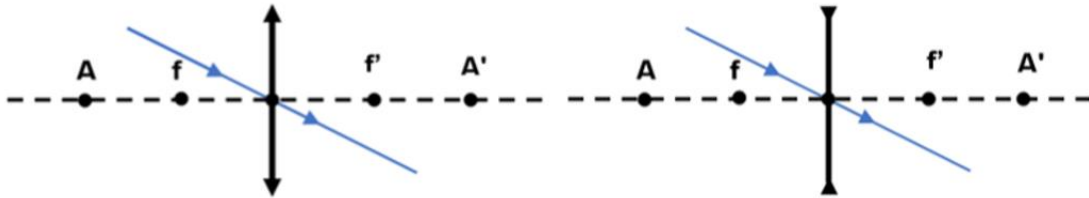
Figura 3 – Representação esquemática do eixo óptico de uma lente convergente.



Fonte: Autor.

Outra direção importante é aquela em que o raio de luz, incidindo obliquamente, atravessa a lente no seu centro óptico como representado na figura 4. (HALLIDAY, 2012)

Figura 4 – Um raio luminoso que passa pelo centro óptico de uma lente esférica.

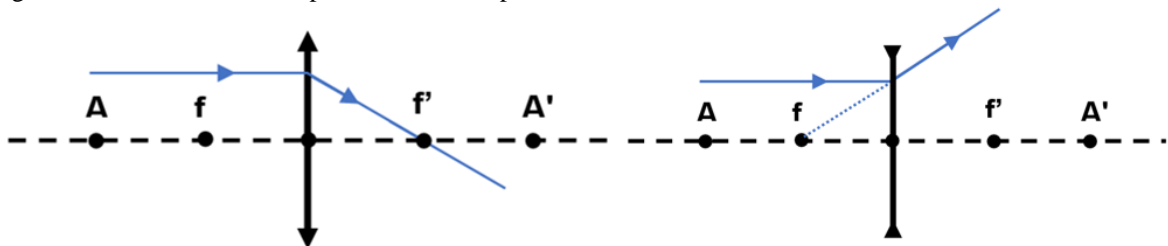


Um raio luminoso que passa pelo centro óptico de uma lente convergente (esquerda) e de uma lente divergente (direita). Esse raio não é desviado.

Fonte: Autor.

Se um feixe de luz incidir paralelamente ao eixo óptico de uma lente e os raios forem desviado para um mesmo ponto, esse ponto será denominado de ponto focal e a lente será uma lente convergente. Caso contrário, se os raios de luz forem desviados de modo a se afastarem do eixo óptico então a lente será uma lente divergente. Neste caso, se prolongarmos as direções para as quais os raios foram desviados, esses prolongamentos se encontrarão num mesmo ponto, o ponto será denominado de ponto focal e a lente será uma lente divergente (figura 5).

Figura 5 – Um raio luminoso paralelo ao eixo óptico de uma lente esférica.

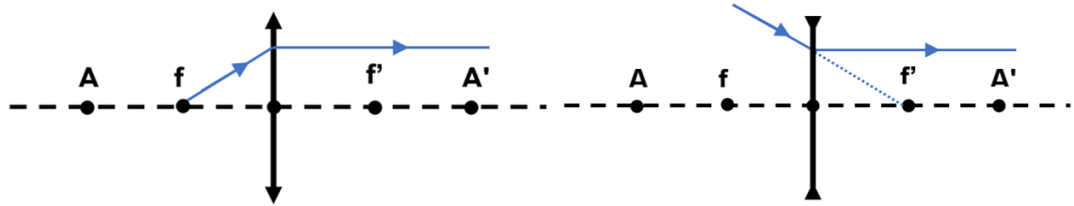


Um raio luminoso paralelo ao eixo óptico ao atravessar uma lente convergente será desviado para o ponto focal (esquerda) e de para uma lente divergente o prolongamento da direção para o qual o raio foi desviado passará pelo ponto focal (direita).

Fonte: Autor.

O caminho inverso é válido para as situações apresentadas na figura 5, ou seja, se um raio de luz passa pelo ponto focal de uma lente convergente, ao incidir sobre a lente ele será desviado para a direção paralela ao eixo óptico. No caso de uma lente divergente, se o raio de luz incidir numa direção que passar pelo ponto focal, ao incidir sobre a lente, o raio será redirecionado para uma direção paralela ao eixo óptico (figura 6).

Figura 6 – Um raio de luz passa pelo ponto de foco em uma lente esférica.



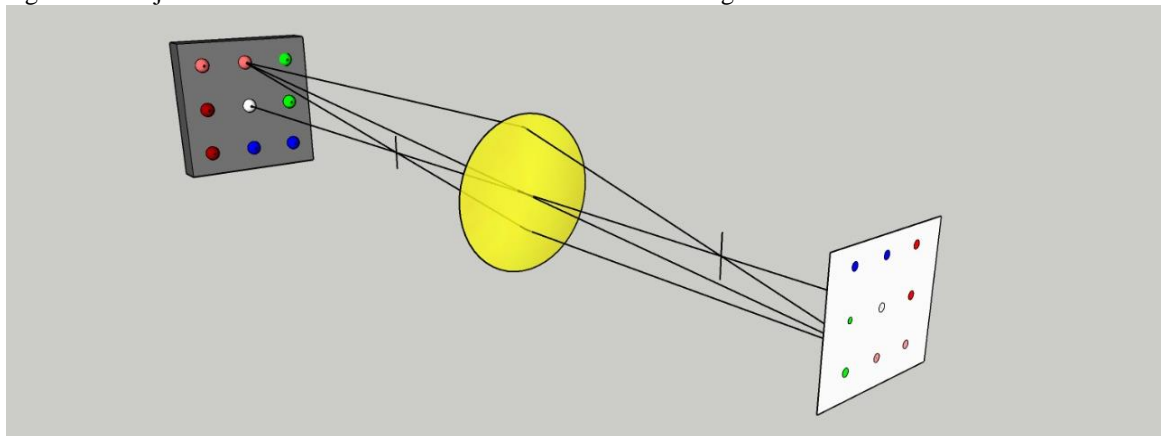
Um raio de luz passa pelo ponto de foco em uma lente convergente (esquerda), esse raio será redirecionado para uma direção paralela ao eixo óptico. Um raio na direção do ponto focal é redirecionado para a direção paralela ao eixo óptico numa lente divergente (direita).

Fonte: Autor.

2.3.2 Construção Geométrica das Imagens

Para um estudo mais específico das imagens formadas por lentes esféricas devemos considerar seis situações: (1) O objeto muito distante da lente (figura 5), (2) o objeto além do centro de curvatura (ou duas vezes a distância focal) (figura 7), (3) o objeto no centro de curvatura (figura 8), (4) o objeto entre o centro de curvatura e o ponto focal (figura 9), (5) o objeto sobre o ponto focal (figura 10) e (6) o objeto entre o ponto focal e o centro óptico da lente (figura 11). Lembrando que todas as condições são válidas apenas na aproximação de raios paraxiais, que se trata da aproximação de raios com pequenos ângulos em relação ao centro óptico.

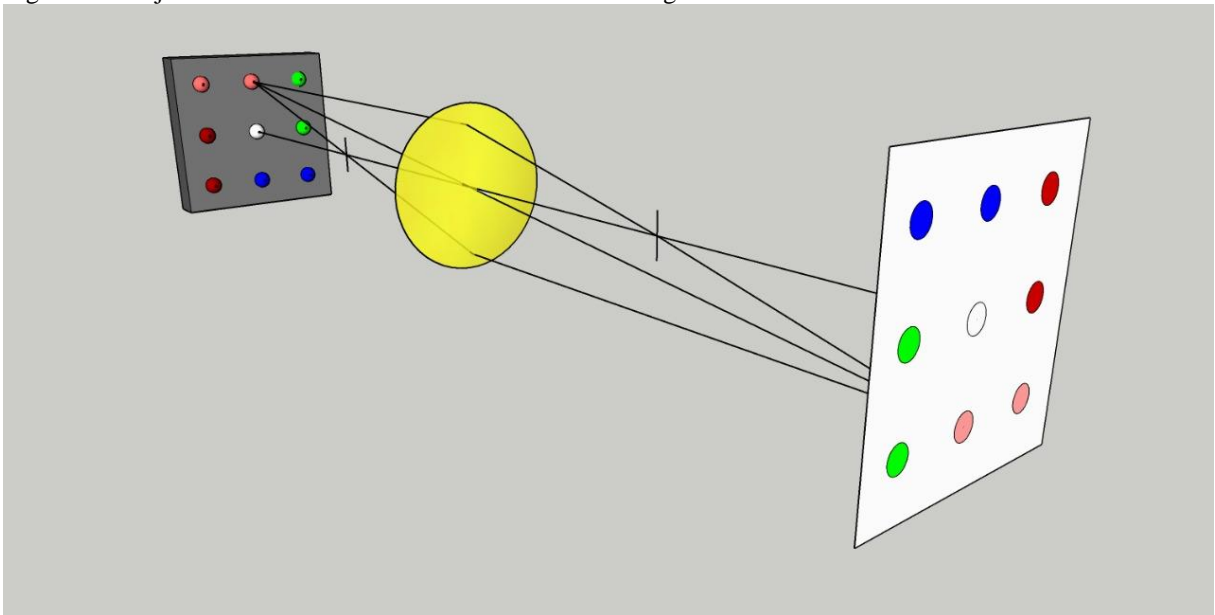
Figura 7 – Objeto além do centro de curvatura de uma lente convergente.



Objeto além do centro de curvatura de uma lente convergente forma uma imagem real, menor e invertida quando utilizamos três raios notáveis para sua formação, sendo o primeiro, o prolongamento do raio que convergiu e passa pelo foco oposto ao objeto, o segundo, o raio que atravessa a lente pelo seu vértice sem sofrer desvio e o terceiro, o raio que passa pelo foco do lado do objeto e continua paralelo ao eixo principal ao atravessar a lente. Os dois traços verticais simétricos a lente representam os focos dela.

Fonte: Cruz, G. K. (2020).

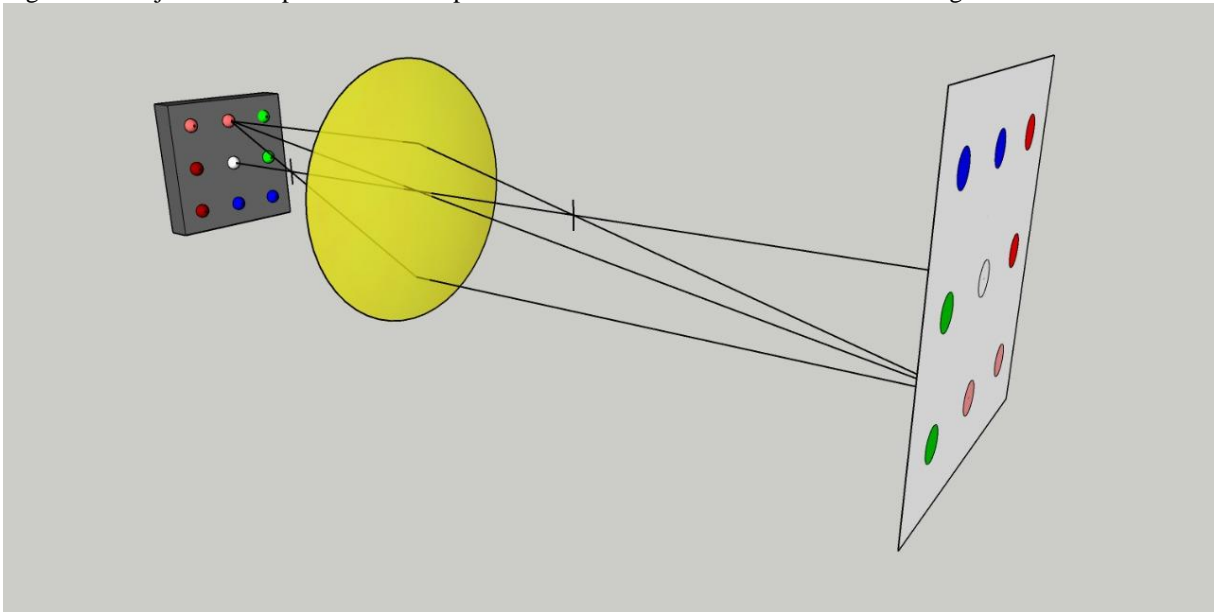
Figura 8 – Objeto no centro de curvatura de uma lente convergente.



Objeto no centro de curvatura de uma lente convergente formando uma imagem real, de mesmo tamanho e invertida quando utilizamos três raios notáveis para sua formação, sendo o primeiro, o prolongamento do raio que convergiu e passa pelo foco oposto ao objeto, o segundo, o raio que atravessa a lente pelo seu vértice sem sofrer desvio e o terceiro, o raio que passa pelo foco do lado do objeto e continua paralelo ao eixo principal ao atravessar a lente. Os dois traços verticais simétricos a lente representam os focos dela.

Fonte: Cruz, G. K. (2020).

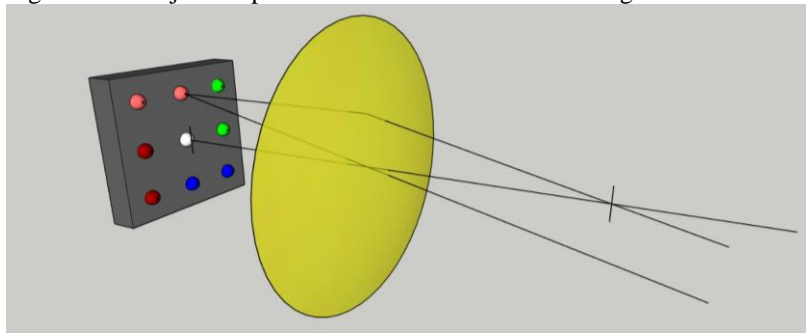
Figura 9 – Objeto entre o ponto de foco e ponto centro de curvatura de uma lente convergente.



Objeto entre o ponto de foco e ponto centro de curvatura de uma lente convergente formando uma imagem real, maior e invertida quando utilizamos três raios notáveis para sua formação, sendo o primeiro, o prolongamento do raio que convergiu e passa pelo foco oposto ao objeto, o segundo, o raio que atravessa a lente pelo seu vértice sem sofrer desvio e o terceiro, o raio que passa pelo foco do lado do objeto e continua paralelo ao eixo principal ao atravessar a lente. Os dois traços verticais simétricos a lente representam os focos dela.

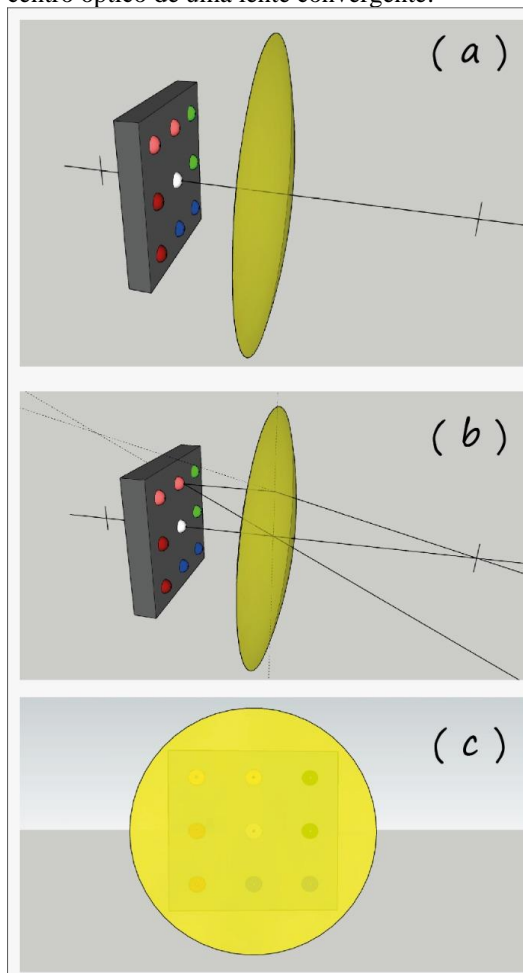
Fonte: Cruz, G. K. (2020).

Figura 10 – Objeto no ponto de foco de uma lente convergente.



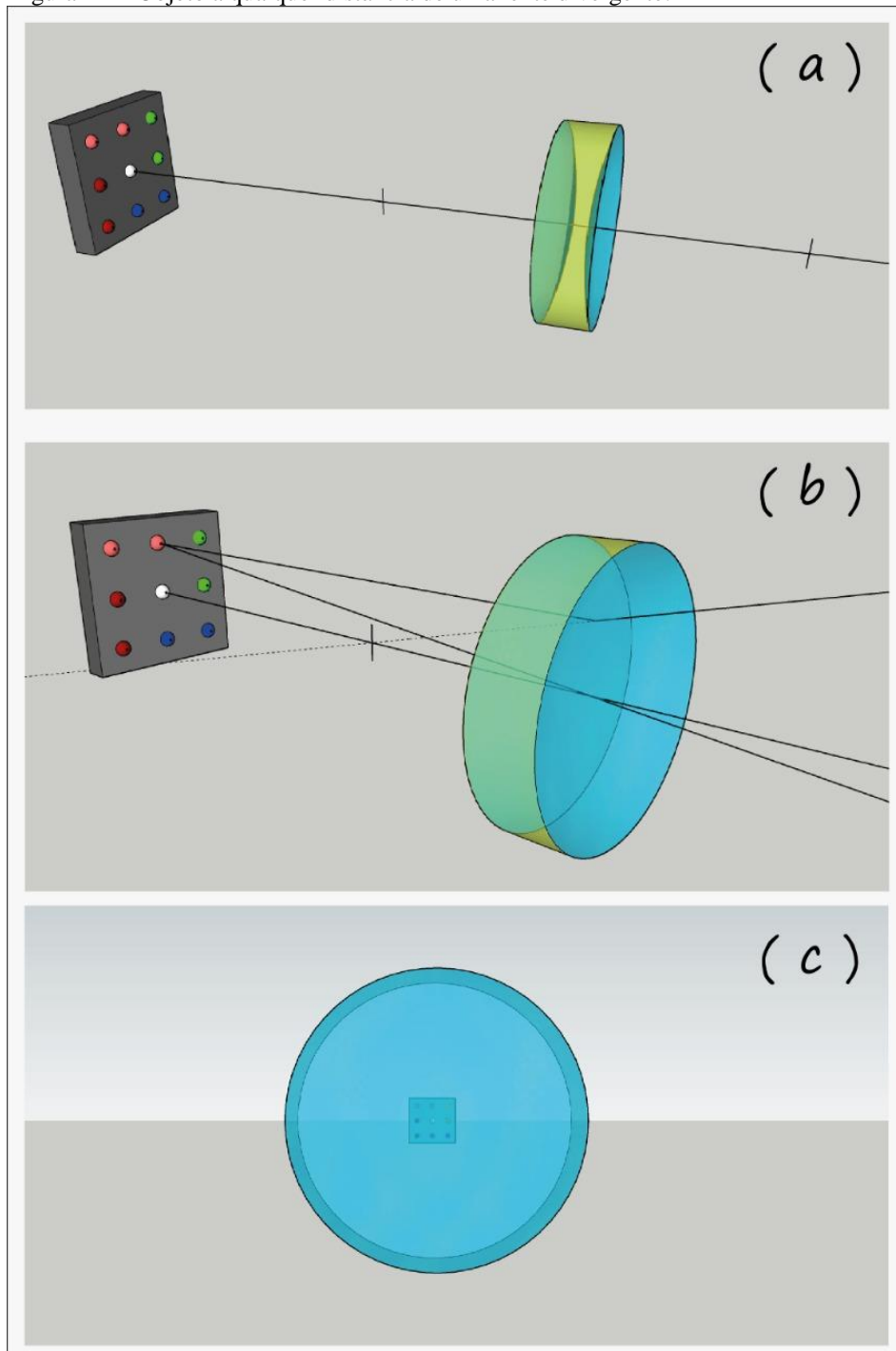
Objeto no ponto de foco de uma lente convergente formando uma imagem imprópria quando utilizamos dois raios notáveis para sua formação, sendo o primeiro, o prolongamento do raio que convergiu e passa pelo foco oposto ao objeto e o segundo, o raio que atravessa a lente pelo seu vértice sem sofrer desvio. Os dois traços verticais simétricos a lente representam os focos dela. Fonte: Cruz, G. K. (2020).

Figura 11 – Objeto entre o ponto de foco e o centro óptico de uma lente convergente.



Em (a) o objeto está entre o ponto de foco e o centro óptico de uma lente convergente. A (b) representação dos raios notáveis indicando a imagem será formada atrás do objeto, sendo (c) uma imagem virtual, maior que o objeto e direita. Fonte: Cruz, G. K. (2020).

Figura 12 – Objeto a qualquer distância de uma lente divergente.



Para a lente divergente temos apenas a formação de um tipo de imagem que vamos analisar em uma sequência de três posicionamentos. Em (a) temos a posição do objeto que será visualizado. O objeto está posicionado a uma distância além da distância focal da lente. (b) A representação dos raios notáveis indicando a posição em que a imagem será formada. A imagem se forma no cruzamento do raio que atravessa a lente pelo seu vértice e o prolongamento do raio que divergiu e cujo prolongamento passa pelo foco. (c) A imagem que vemos ao olharmos através da lente. Os dois traços verticais simétricos à lente representam os focos dela.

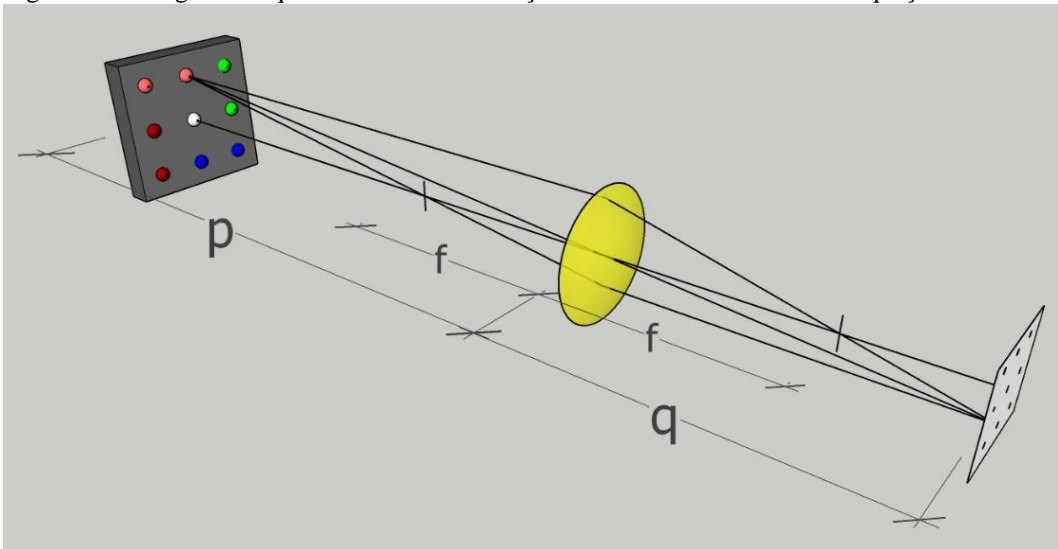
Fonte: Cruz, G. K. (2020).

2.3.3 Equação de Gauss para Lentes

As observações das propriedades da óptica geométrica levaram a proposição da equação que leva o nome de Gauss para lentes esféricas, que relaciona a distância focal (f) com a distância imagem (q) até o centro óptico da lente e a distância objeto (p) até o centro óptico da lente, conforme representação apresentada na figura 13.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \quad (2)$$

Figura 13 – Diagrama esquemático com a indicação das variáveis utilizadas na equação de Gauss.



Na figura se considera (f) a distância focal da lente, (p) a distância do objeto até o centro óptico e (q) a distância do centro óptico até o plano de focalização. Na figura também estão representados três raios notáveis, sendo o primeiro, o prolongamento do raio que convergiu e passa pelo foco oposto ao objeto, o segundo, o raio que atravessa a lente pelo seu vértice sem sofrer desvio e o terceiro, o raio que passa pelo foco do lado do objeto e continua paralelo ao eixo principal ao atravessar a lente. Os dois traços verticais simétricos à lente representam os focos principais dela.

Fonte: Cruz, G. K. (2020).

Para definir os sinais de cada distância na equação, utilizamos o referencial de Gauss que é o centro óptico da lente delgada, ou seja, as distâncias das imagens e dos objetos são medidas a partir do centro óptico da lente. E seguindo a convenção de uma forma geral temos que:

- As distâncias focais de lentes convergentes são positivas e de divergentes negativas;
- As distâncias de objetos e imagens reais são positivas e de objetos e imagens virtuais são negativas;
- Imagem direita é positiva e imagem invertida, negativa.

2.3.4 Vergência de Lentes

Quando se usa óculos para a correção de alguma anomalia da visão é comum o termo grau da lente. O grau de uma lente representa a sua vergência (V), que é a capacidade que uma lente tem de alterar as dimensões da imagem de um objeto utilizando como unidade de medida a dioptria (di), que no sistema internacional de unidades é medida em m^{-1} . Então, quanto maior a vergência de uma lente, menor será a sua distância focal, onde a vergência de uma lente é o inverso de sua distância focal (f), conforme a equação 3:

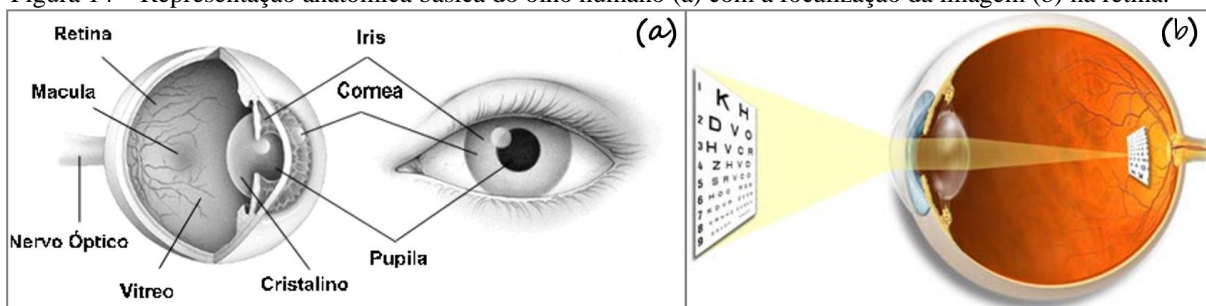
$$V = \frac{1}{f} \quad (3)$$

2.4 A FORMAÇÃO DA IMAGEM NO OLHO HUMANO E AS ANOMALIAS DE VISÃO

2.4.1 Formação da Imagem no Olho Humano

Quando a luz incide sobre uma superfície, esta reflete a luz até os nossos olhos, e com isso, a luz entra pela córnea, passando pela pupila, pelo cristalino e atingindo a retina. Nesse processo, a íris é responsável por controlar a quantidade de luz que entra no olho e o cristalino é responsável pela focalização da imagem na retina, se comportando como uma lente convergente de distância focal variável controlada pelos músculos ciliares, conforme mostrado na figura 14. (GUYTON, 2011)

Figura 14 – Representação anatômica básica do olho humano (a) com a focalização da imagem (b) na retina.



(a) Representação da anatomia básica do olho humano em corte e em vista frontal. (b) Representação da focalização de uma imagem no olho humano onde a luz entra pela córnea passa pelo cristalino e forma uma imagem real e invertida na retina.

Fonte: SILVA, Pereira. **Como funciona o olho?** Disponível em: https://www.retinaportugal.org.pt/dist_retina/como_fun_olho.htm. Acesso em 07 mar. 2020.

Afirma-se que a máxima distância focal para o olho humano ocorre quando os músculos ciliares permanecem relaxados, mantendo uma visão focalizada em um ponto com distância infinita, denominado de Ponto Remoto (PR). E a mínima distância focal para o olho humano ocorre quando os músculos ciliares permanecerem com máxima contração, mantendo uma visão focalizada em um ponto próximo do olho. Esse ponto é denominado de Ponto Próximo (PP) e é o ponto mais próximo possível de se obter uma imagem focalizada. (GUYTON, 2011). Essa distância mínima varia de pessoa para pessoa e por convenção considera-se que o ponto próximo seja igual à 25 cm em média para um olho sem anomalias

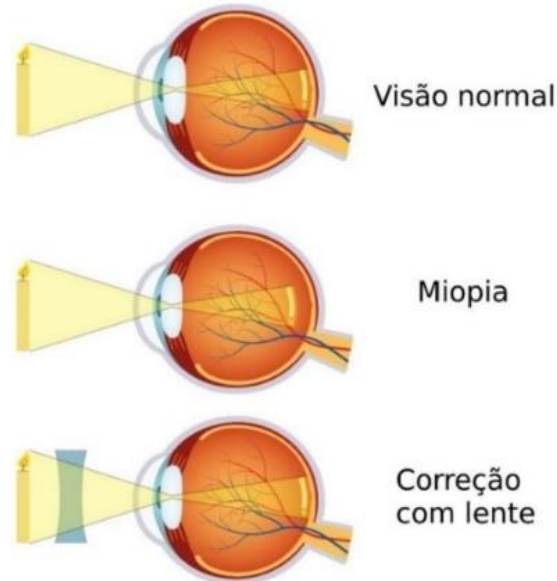
2.4.2 Anomalias da Visão

Qualquer dano ou problema genético que possa ocorrer no olho implica uma perda de acuidade visual que pode ter como consequências limitações graves na interação do indivíduo com o mundo ao seu redor. Quando isso ocorre, temos uma anomalia da visão onde, as mais comuns são: miopia, hipermetropia, astigmatismo, presbiopia, estrabismo e a catarata. (GUYTON, 2011)

2.4.2.1 Miopia

Trata-se de uma anomalia da visão ocasionada devido ao globo ocular ser mais alongado ou a córnea do olho apresentar uma curvatura maior do que o olho normal, causando dificuldade em focalizar objetos na retina e, como consequência a focalização acaba ocorrendo antes da retina. Uma possível correção para tal anomalia se dá com o auxílio de lentes divergentes, conforme representa a figura 15. (GUYTON, 2011)

Figura 15 – Representação de um olho com visão normal e de um olho com miopia com sua respectiva correção óptica.



Em um olho normal a imagem se forma na retina, já em um olho com miopia a imagem se forma antes da retina sendo necessário a correção óptica por lente divergente.

Fonte: KAZAKOV, Alexey. **Miopia e miopia corrigidas por uma lente menos. Distúrbio da visão ocular.** Disponível em: <https://www.shutterstock.com/pt/image-vector/myopia-corrected-by-minus-lens-eye-473897434>. Acesso em 07 mar. 2020.

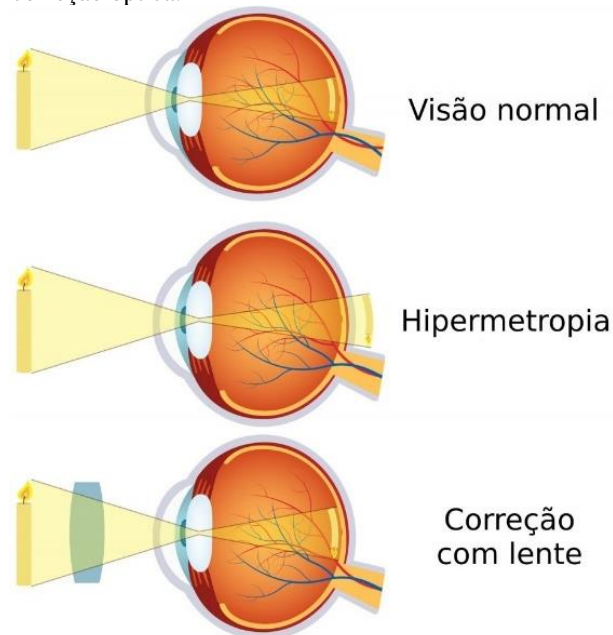
Utilizando-se a equação de Gauss e a relação entre ponto próximo (PP) e ponto remoto (PR), chega-se à conclusão de que a vergência da lente para resolver tal anomalia deve-se obedecer à equação 4.

$$V = -\frac{1}{PR} \quad (4)$$

2.4.2.2 Hipermetropia

Trata-se de uma anomalia da visão ocasionada devido ao globo ocular ser mais curto, causando dificuldade em focalizar objetos na retina e, como consequência a focalização acaba ocorrendo atrás da retina. Uma possível correção para tal anomalia se dá com o auxílio de lentes convergentes, conforme representa a figura 16. (GUYTON, 2011)

Figura 16 – Representação de um olho com visão normal e de um olho com hipermetropia com sua respectiva correção óptica.



Em um olho com visão normal a imagem se forma na retina, já em um olho com hipermetropia a imagem se forma após a retina sendo necessário a correção óptica por lente convergente.

Fonte: KAZAKOV, Alexey. **Hyperopia and Hyperopia corrected by a plus lens. Eye vision disorder. Distúrbio da visão ocular.** Disponível em: <https://www.shutterstock.com/pt/image-vector/hyperopia-corrected-by-plus-lens-eye-403636501>. Acesso em 07 mar. 2020.

Utilizando-se a equação de Gauss e a relação entre ponto próximo e ponto remoto, chega-se à conclusão de que a vergência da lente para resolver tal anomalia deve-se obedecer à equação 5.

$$V = \frac{1}{0,25} - \frac{1}{PP} \quad (5)$$

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 REFERENCIAL DE ENSINO

A sociedade evoluiu consideravelmente nas últimas décadas, trazendo consigo expressivos avanços sociais, científicos e tecnológicos, como afirma Quinato:

No atual cenário socioeconômico global, a presença da ciência e da tecnologia é marcante: a maioria dos instrumentos que usamos, assim como as atitudes e os comportamentos que adotamos são permeados por ciência e tecnologia. Temas como transgênicos, conservação ambiental, reprodução assistida, clonagem, energia nuclear, efeito estufa e nanotecnologia são cada vez mais discutidos pela sociedade. (QUINATO, 2013, f. 1).

E para que esta formação possa ser atual e produtiva, as Diretrizes Curriculares Estaduais do Estado do Paraná afirmam que o jovem deve ter acesso a novas perspectivas culturais para que possa desenvolver sua própria autonomia intelectual durante o seu desenvolvimento escolar e social.

As Diretrizes Curriculares Estaduais do Estado do Paraná enfatizam que a utilização de experimentos e a aproximação dos conteúdos da física com a realidade dos alunos são muito proveitosas, considerando que:

[...] intensificam-se as possibilidades de debates e discussões aproximando os sujeitos e facilitando a criação, a análise, a formulação de conceitos, o desenvolvimento de ideias e a escolha de diferentes caminhos para o encaminhamento da atividade. Ainda, privilegia-se o confronto entre as concepções prévias do estudante e a concepção científica, o que pode facilitar a formação de um conceito científico.” (PARANÁ, SEED, 2008, p. 73)

E além de facilitar e enriquecer o processo de desenvolvimento do aluno, a relação entre professor e aluno se intensifica de forma significativa. Então o papel do professor é de extrema importância no processo educativo, mas o seu papel não deve ser meramente decorativo e tão pouco de transmissor do conhecimento, devendo ficar claro a sua atuação como mediador da aprendizagem por meio de uma metodologia clara e objetiva conforme Bruner destaca:

Ensinar é, em síntese, um esforço para auxiliar ou moldar o desenvolvimento. Ao planejar o ensino para os jovens, seria desaconselhável ignorar o que se sabe sobre o desenvolvimento, suas compulsões e suas oportunidades. E uma teoria de ensino versa, com efeito, sobre as várias maneiras de auxiliar o desenvolvimento e o crescimento. (BRUNER, 1969, p. 15)

Então, quando se pensa em ensino, é fundamental que se tenha a consciência de que a bagagem que o aluno já tem consigo sempre deve ser considerada, e que, segundo Bruner o:

Desenvolvimento intelectual caracteriza-se para independência crescente da resposta em relação à natureza imediata do estímulo. É possível prever o comportamento da criança conhecendo os estímulos que nela agem, durante e imediatamente antes da resposta. Grande parte do desenvolvimento consiste na aptidão para manter resposta invariável em face de mudanças no ambiente estimulante, ou em modificar a resposta ao ambiente constante. A criança adquire essa liberdade do controle dos estímulos através de processos de mediação - como passaram a ser chamados recentemente aqueles que transformam os estímulos antes da resposta, por vezes causando sensíveis atrasos na reação. (BRUNER, 1969, p. 19)

Portanto, a forma com que o aluno se desenvolve está diretamente ligada às variáveis existentes no ambiente em que ele está inserido, e ainda, segundo Bruner:

O desenvolvimento intelectual entende uma capacidade crescente de afirmar, a si mesmo e a outros, por palavras ou símbolos, o que ninguém fez ou que alguém fará. Essa prestação de contas ou consciência própria, possibilita a transmissão de um comportamento simplesmente ordenado para o comportamento chamado lógico. É o processo que leva o eventual reconhecimento de necessidade lógica - o dito espírito de análise dos filósofos - e conduz os seres humanos além da adaptação empírica. (BRUNER, 1969, p. 20)

Tal desenvolvimento intelectual está diretamente ligado ao conhecimento pré-existente em cada aluno, assim como a forma que cada um aprende. Conforme Cruz, existem seis pontos importantes sobre a aprendizagem e o armazenamento de informação:

1. O conhecimento que chamamos de racional está registrado na mente de forma virtual e temporária;
2. O que aprendemos fica registrado em nosso inconsciente, e todos os conhecimentos do ponto de vista cognitivo são definitivos;
3. O que pensamos já foi pensado e elaborado pelo nosso inconsciente numa conversação involuntária entre o nosso inconsciente e a nossa mente;
4. O fluxo de informação racional presente em nossa mente somente acontece no sentido do inconsciente para mente;
5. Somente a mente é capaz de gerar o conhecimento real exterior, que é o conhecimento registrado externamente ao ser humano;
6. Existe mais uma maneira de registro de informações em nosso inconsciente além dos 5 sentidos: é a ação motora. (CRUZ, 2016, p. 17-18).

Então, tem-se que levar em consideração que a informação racional fica disponível ao aluno por pouco tempo sendo que, se ele não materializar tal informação em seu inconsciente essa informação será perdida e o aluno não irá aprender. Porém se o aluno realizar o registro e guardar a informação ordenadamente, em seu inconsciente este aluno de fato terá aprendido o assunto em questão e terá dificuldades de esquecer o que aprendeu. E ainda uma forma muito

antiga, porém eficaz de se materializar um aprendizado está na correta utilização da ação motora na forma escrita como auxílio de compreensão de determinado conteúdo assim como também afirma Bruner:

A percepção envolve ultrapassar a informação dada, com base em um modelo do universo de eventos que torne possível interpolar, extrapolar e predizer. A rapidez da percepção reflete não só estrutura do estímulo -suas características redundantes, para usar expressão menos ambígua - mas também a probabilidade da ocorrência de eventos em dado contexto. Até mesmo quando despido ao máximo o contexto, no reconhecimento de palavras isoladas apresentadas em curtos períodos, a velocidade do reconhecimento guarda estreita correlação com ocorrência da linguagem escrita. (BRUNER, 1969, p. 16-17).

Ou seja, a escrita deve fazer parte do processo de ensino e, pensando nisso, o professor deve ser facilitador desse processo por meio de uma abordagem clara e objetiva que facilite o entendimento dos conceitos por parte dos alunos, conforme afirma Bruner:

O ensino é altamente facilitado por meio da linguagem que acaba sendo não apenas o meio de comunicação, mas o instrumento que o estudante pode usar para ordenar o meio ambiente. A natureza da linguagem e suas funções devem fazer parte de qualquer teoria do desenvolvimento cognitivo. (BRUNER, 1969, p. 20)

Deixando claro também que o nível de ensino deve estar adequado com a idade e a capacidade intelectual dos alunos em questão que, segundo Bruner:

O desenvolvimento intelectual é caracterizado por crescente capacidade para lidar com alternativas, simultaneamente, atender a várias sequências, ao mesmo tempo, e distribuir tempo e atenção, de maneira apropriada a todas essas demandas múltiplas. Há naturalmente grande distância entre a mente singela de uma criancinha e a aptidão do menino de dez anos para enfrentar um mundo extremamente complexo. (BRUNER, 1969, p. 20-21)

Então além da linguagem e da organização da aula estar adequada ao público do ensino que são os alunos, ela também deve possuir uma metodologia clara e organizada que cumpra com todos os objetivos pois:

[...] muito do desenvolvimento começa quando voltamos sobre nossos próprios passos e passamos a modificar, em novas formas, o que tínhamos feito ou visto, com ajuda de professores adultos, indo então a novos modos de organizações. Dizemos “Vejo agora o que faço” ou “É assim que é a coisa”. Formam os seus novos modelos ou sistemas de representação de força sempre maior. E por isso penso que a pedra angular do processo educacional consiste em fornecer auxílios e diálogos para traduzir a experiência em sistemas mais poderosas de notação e ordenação; Essa a razão porque acho que uma teoria do desenvolvimento tem que se ligar tanto a uma teoria de conhecimento como a uma teoria da instrução, ou então ser condenada a trivialidade. (BRUNER, 1969, p. 35)

Deixando claro que a falta de organização pode levar uma aula a ser um simples conjunto de conceitos ditos ao vento ou até uma “aula show” caso esta não possua uma base teórica ou uma instrução sólida sem que os objetivos sejam alcançados ou que os alunos consigam aprender algo de forma clara e/ou científica. Portanto, para que se tenha desenvolvimento cognitivo, conforme Bruner:

Em primeiro lugar temos que o desenvolvimento mental não é o crescimento gradual, seja de associações ou conexões estímulo-reação ou coisa parecida; parece mais uma escada com degraus pronunciados, algo como uma sucessão de lances de subida e patamares. Arranco para a frente que se dão quando determinadas aptidões começam a se manifestar. Tais aptidões precisam amadurecer - e ser alimentadas antes que outras possam aparecer. A sequência dos aparecimentos é em muito, sujeita a limitações. mas esses arrancos - ou estágios - os lances de degraus, ou o que quer que seja, não são, ao que parece, ligados a idade; alguns ambientes podem retardar ou mesmo paralisar a sequência, outros fazem acelerá-los. Fundamentalmente, pode-se caracterizar tais sequências limitadas como série de pré-requisitos: antes que possa uma criança ter na mente duas modalidades de um fato, por exemplo, ser-lhe-á impossível lidar com sua inter-relação, como nas proporções. (BRUNER, 1969, p. 42)

Então, em uma abordagem mais específica sobre aprendizagem, podemos verificar que:

Segundo Bunge (2005, 96), numa abordagem psicobiológica baseada na hipótese de Donald Hebb (1949), todo comportamento é controlado por um sistema neural plástico. Para ele, a aprendizagem é um processo de alterações nesse sistema neural, ou seja, é um fortalecimento das conexões sinápticas. (MILESKI, 2011, p. 4)

E além disso, de acordo com Mileski (2011, p. 4 – 5): “Se as conexões diminuïrem com a estimulação repetida, tem-se uma conexão habitual, por outro lado, se as conexões aumentarem com a estimulação repetida tem-se a aprendizagem”. Onde Mileski (2011, p. 5) concluí que: “Tal proposta foi validada em 1973, quando descobriu - se que a estimulação elétrica repetida (a ativação da célula) torna a transmissão sináptica mais eficiente”.

Portanto, quando dois neurônios se conectam, um processo de aprendizagem é concluído, onde o circuito (sinapse) neuronal demanda de tempo para ocorrer, não ocorrendo de forma imediata e necessitando sempre de estímulo, portanto não existe transmissão de conhecimento, mas sim construção de conhecimento do aluno. Entender não significa aprender e reconhecer também não significa aprender, pois a aprendizagem vai além disso, ela fica evidente quando o aluno consegue falar espontaneamente sobre determinado assunto e, quanto melhor a qualidade na aprendizagem melhor será a capacidade de evocá-la por um espaço de tempo maior.

E, como afirma Cruz (2016, p. 28): “[...] o Aprendiz tem a função de ação sobre o próprio conhecimento. É ele que interage com o meio e transforma tanto o objeto como o próprio conhecimento”. E ainda, segundo Cruz (2016, p. 42): “o ser social é que gera o próprio conhecimento e, posteriormente, é quem sustenta a continuidade na geração do conhecimento individual”.

A mente do aluno é o sujeito da aprendizagem, pois ela compreende uma nova informação por via dos sentidos através de conclusões lógicas, quanto mais complexo informação a ser transmitida, mais conclusões serão necessárias. Então:

Finalmente, algo de muito especial acontece por volta da adolescência, quando a linguagem se torna cada vez mais importante como meio de pensamento: é a capacidade de trabalhar mais com proposições do que com objetos; conceitos que se tornam mais hierárquicos, em sua estrutura; possibilidades alternativas que podem ser consideradas de forma combinatória. (BRUNER, 1969, p. 43)

Ou seja, o aluno deve ter um ambiente rico em informações, mas não um ambiente estressante para que a aula seja uma sensibilização dos neurônios de forma a facilitar o processo de aprendizagem. Porém, como afirma Cruz:

[...] Hoje, nossos alunos gravam nossas falas, tiram fotografias do conteúdo escrito nos quadros, fazem cópias de dezenas de livros relacionados à disciplina que estamos trabalhando E para quê? todo esse material fica armazenado na memória do computador sem qualquer utilidade. costuma-se dizer que eles possuem tudo, mas ao mesmo tempo não possui nada. É preciso transferir as informações para o inconsciente, para que ela possa ser trabalhada, utilizada e aprimorada. (CRUZ, 2016, p. 23-24)

Portanto, o aluno do mundo atual na maioria das vezes não tem a capacidade de lidar com tanta facilidade às informações que se tem acesso e por vezes acaba tornando-se refém de tantas possibilidades. Muitas vezes observa-se que os alunos realizam cópias intermináveis em sala de aula de conceitos expostos por seus professores e não fazem ideia do que estão fazendo, pois não são capazes de argumentar sobre o que está sendo copiado. Isso é um grande problema que está cada vez mais presente nas atuais salas de aula, pois esse indivíduo sai da escola sem nenhuma instrução básica para que possa ir para a sociedade e contribuir de uma maneira significativa com esta, devido a isso temos uma sociedade que possui muitas informações disponíveis porém não as transforma em conhecimento. E pensando em resolver isso por meio da aprendizagem:

[...] o que fica definido é que o resultado final do ato de pensar é o carregamento da nossa mente, por meio da conversação entre mente e inconsciente, de um

conhecimento real (armazenado em nosso inconsciente), o que é transformado num conhecimento virtual e que ficará temporariamente armazenado na mente. Ou seja, o ato de pensar é a conexão que criamos para buscar informações armazenadas no inconsciente, que é dependente de cada aprendiz. Se o procedimento for organizado, terá sucesso, e a resposta será a informação desejada. (CRUZ, 2016, p. 68)

O que reforça que a aprendizagem acontece por reconhecimento de padrões e, quanto mais claros forem os padrões melhor será o aprendizado e, conseqüentemente, mais fácil será o processo de conclusão para o aluno. Para isso há necessidade de sempre estimular os alunos, como afirma Bruner:

A condição básica para ativar a exploração de alternativas, em uma tarefa, é ter um nível ótimo de incerteza. Curiosidade como foi convincentemente dito é uma resposta a incerteza e à ambigüidade. Rotinas esclerosadas provocam pouca ou nenhuma exploração: rotinas por demais em certas despertaram confusão e angústia, reduzindo a tendência a explorar. (BRUNER, 1969, p. 59 - 60)

Então, alinhar as expectativas dos alunos na aula é importante para efetivo aprendizado do mesmo, mas os alunos têm a tendência de fugir do que não sabem, o que é péssimo para aprendizagem, pois é justamente o erro que faz com que os mesmos cresçam e compreendam cada vez melhor as situações e os assuntos a serem trabalhados. O erro é importante para o processo de ensino, ele só não pode vir carregado de emoções negativas que possam trazer traumas ao aluno, fazendo com que ele não queira mais passar por tal experiência. Mas a experiência do erro sempre deve ser perseguida nas aulas, criando-se uma cultura que valoriza a detecção e a correção do erro. E ainda, conforme Bruner:

[...] a instrução em conduzir o estudante ao longo de uma seqüência de proposições e confirmações, de um problema ou conjunto de conhecimentos, que aumentem a sua aptidão para compreender, transformar e transferir o assunto em estudo. Em resumo a seqüência em que um aluno recebe a matéria de um campo de conhecimento influi na facilidade de compreensão. (BRUNER, 1969, p. 65)

Então, é de extrema importância que exista uma seqüência bem definida para a aula, pois o cérebro humano é especialista em reconhecer padrões e organizá-los, ele espera tanto por padrões repetidos que se algo não for dito por completo ele já completa automaticamente e de forma involuntária. Deve-se então ser considerado tal seqüência para que a aprendizagem ocorra de forma mais rápida e agradável ao aluno. E, pensando no processo de ensino:

[...] uma teoria da aprendizagem procura considerar o fato de um currículo refletir não só a natureza do conhecimento em si mesmo, como também a do conhecedor e do processo de aquisição de conhecimento. É um caso em que é obrigatoriamente mal delineada a fronteira entre o sujeito, objeto e o método. Um corpo de conhecimentos,

entesourado numa universidade e corporificado numa série de competentes volumes é o resultado de intensa atividade intelectual anterior. Instruir alguém nessa matéria não é levá-lo armazenar resultados na mente, e sim ensiná-lo a participar do processo que torna possível a obtenção do conhecimento: ensinamos não para produzir minúsculas bibliotecas vivas, mas para fazer o estudante pensar, matematicamente, para si mesmo, considerar os assuntos como faria um historiador, tomar parte no processo de aquisição do conhecimento. Saber um processo, não um produto. (BRUNER, 1969, p. 89)

Portanto, uma aula que se inicia do zero gera maior dificuldade no aluno, pois o cérebro dele vai ficar buscando padrões na tentativa de se inserir no assunto. Então devemos apresentar relações que o aluno já conheça para facilitar assim o processo durante a aprendizagem dele, direcionando então a atenção do aluno para o assunto. Lembrando que, quando o aluno pensa, ele estará consequentemente produzindo conexões em seu cérebro, portanto, um produto educacional deve funcionar como um auxílio para o aprendizado do aluno, sem soluções mágicas. E segundo Cruz:

[...] o inconsciente age independentemente do ser pensante. Ele domina a ação, se a ação não for bem estruturada. E, para completar, é preciso lembrar que somente o aprendiz pode escrever e reescrever seu conhecimento, pois o conhecimento é dele e somente ele pode alterá-lo. (CRUZ, 2016, p. 43)

Ou seja, os cérebros não são iguais uns aos outros, cada aluno possui um cérebro diferente e por conta disso devemos ajustar os padrões de ensino para abranger cada vez mais alunos, dentro de cada individualidade. Pois quanto mais importante é o conhecimento menos o aluno saberá sua origem, ele se agrega ao inconsciente do aluno de forma que o aluno não consegue mais diferenciar se aquilo é seu ou é de outra pessoa, podendo até realizar plágios de forma inconsciente. E pensando nisso, a forma de avaliar os alunos deve ser bem estruturada, pois, conforme Bruner:

A avaliação, por sua própria natureza, tende despertar suspeitas e preocupações no ambiente escolar convencional, no qual sempre se mostrou completamente inadequada à forma de emprego aqui preconizada. A avaliação é comumente tomada como comprovação da eficiência ou ineficiência - de matérias, de métodos de ensino, ou do que for, isto é, no seu aspecto de menor relevância: o que mais interessa é ter informações sobre como melhorar as matérias, os métodos de ensino etc. Sabem muitos professores e elaboradores de currículos que os exames convencionais podem ter resultados profundamente modificados pela natureza das provas usadas; há sempre um jeito de planejar uma prova capaz de demonstrar que um curso foi bem dado. (BRUNER, 1969, p. 184-185)

Portanto, deve-se tomar o máximo de cuidado na elaboração de uma avaliação para que a mesma não seja tendenciosa ou ineficiente, buscando uma evolução evidente na aprendizagem

do aluno. Por meio disso, o processo de escrita pode ser muito útil durante um processo avaliativo, pois segundo Cruz:

[...] o ato de escrever é a concretização de um processo de registro real do conhecimento virtual que temos em nossa mente, ou seja, o documento escrito é o registro real do que está elaborado de forma definitiva em nossa mente. Precisamos entender que tudo é transferido para o exterior com o auxílio da ação motora. (CRUZ, 2016, p. 69)

A aprendizagem ocorre quando o aluno lança mão de um assunto sem sofrer, descreve-o de forma espontânea e, quanto maior for a experiência vivenciada pelo aluno, melhor será o aprendizado dele. Portanto uma profunda e intensa experiência vale mais do que horas de falas sobre algum assunto aos alunos, pois a aprendizagem é um conjunto de mecanismos que permitem ao aluno adquirir, armazenar e evocar informações. Tais informações que, na forma escrita, expressam o conhecimento real obtido pelo aluno. Essas afirmações são sustentadas também pelo trabalho de CRUZ, 2019; *Ambiente de Aprendizagem: Uma Necessidade*, apresentado ao curso de pós-graduação da PUC-RS em *A Moderna Educação*, onde os conceitos aqui defendidos, foram eficientemente aplicados com resultados positivos.

4 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

4.1 INTRODUÇÃO

O produto educacional foi desenvolvido para ser fácil de ser construído e prático de ser utilizado, pensado para que, qualquer professor de física consiga com facilidade reproduzi-lo com instrumentos que possam ser alternativos ou não e que sejam evidentemente fáceis de serem encontrados independentemente da localização geográfica dele.

O produto consiste em um conjunto de elementos para se ensinar a óptica de lentes no ensino médio, formado por um iluminador composto de 9 led's de acendimento independente, lentes convergentes, lentes divergentes, lentes cilíndricas e um anteparo branco para a projeção da imagem formada conforme as fotografias 1 e 2.

Fotografia 1 – Iluminador.



O iluminador utilizado contém uma matriz de 9 led's de acendimento independente, sendo dois led's azuis, dois led's vermelhos, dois led's alaranjados, dois led's verdes e um led branco.
Fonte: Autor.

Fotografia 2 – Imagem do iluminador projetada através de uma lente convergente.



A imagem formada ao fundo é real e invertida.
Fonte: Autor.

4.2 DESENVOLVIMENTO

A aplicação do produto educacional ocorreu em cinco aulas consecutivas de cinquenta minutos em uma turma de 3ª série do ensino médio regular de um colégio da rede particular de ensino na cidade de Castro – Paraná. A aplicação foi dividida em três etapas. Em cada etapa com uma atividade avaliativa denominada de *escrita orientada*, onde os alunos são orientados a descreverem com clareza os conceitos compreendidos e estudados durante a aula, ocorrendo ao final de cada etapa (apêndice A, B e C), assim como uma avaliação diagnóstica aplicada na semana seguinte à aplicação do produto (apêndice D).

4.2.1 Explicação Teórica - Primeira Etapa

No início da atividade os alunos são indagados sobre as possíveis anomalias de visão e quais eles se recordam. Em seguida o professor apresenta as anomalias que são mais comuns, como a miopia, a hipermetropia, o astigmatismo, a presbiopia, a catarata e o estrabismo, ressaltando sempre as situações em que as pessoas podem adquirir uma dessas anomalias ou simplesmente nascer com alguma delas, que é o caso das situações congênitas. Tais situações

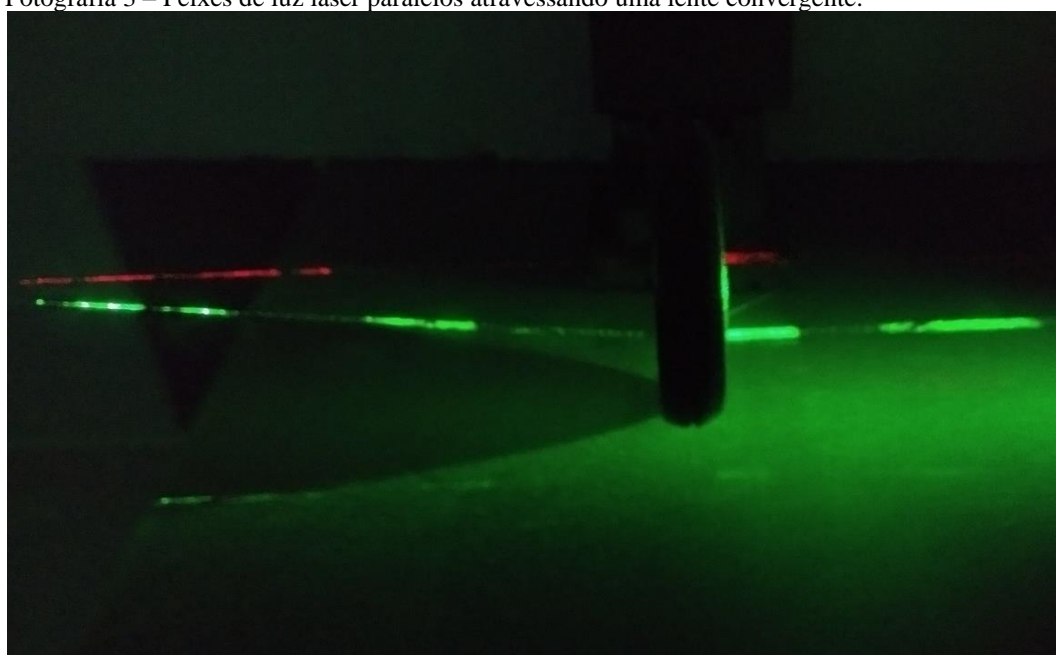
são expostas com imagens bem claras e ilustrativas de cada situação com auxílio de uma apresentação de imagens.

Após a indagação inicial é feita uma rápida verificação de quais alunos possuem determinada anomalia da visão e se eles sempre possuíram tal dificuldade. Então os alunos também são questionados sobre o que é o popular “grau” dos óculos utilizado por pessoas que possuem anomalias de visão, e o que esse “grau” significa. Em seguida são demonstradas as principais características e formas de lentes convergentes e divergentes para que os alunos criem uma maior afinidade com as lentes e em que situações podem ser utilizadas. Finalizando assim a primeira etapa com a escrita orientada (parte 1) realizada pelos alunos.

4.2.2 Desenvolvimento Experimental - Segunda Etapa

Com o auxílio de duas ponteiros laser simples, uma lente divergente, uma lente convergente e um desodorante aerossol, o professor realiza um simples experimento demonstrativo, onde dois lasers são ligados de tal forma que seus feixes atravessem transversalmente uma lente, jogando-se em seguida, aerossol nos feixes ligeiramente antes e após a lente e, verificando-se assim a convergência e a divergência da luz nas respectivas lentes convergentes e divergentes conforme as figuras 3, 4 e 5:

Fotografia 3 – Feixes de luz laser paralelos atravessando uma lente convergente.



Feixes de luz laser paralelos convergindo em uma lente convergente com emissão de luz da direita para a esquerda da fotografia (visão lateral).

Fonte: Autor.

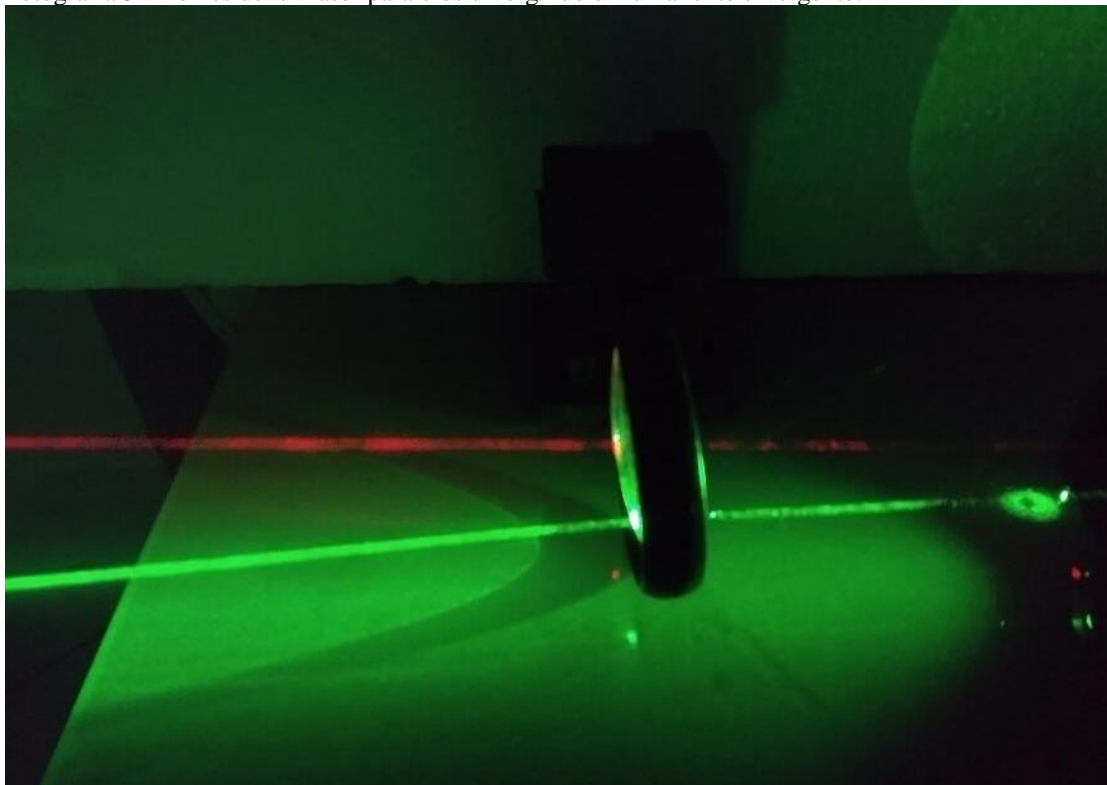
Fotografia 4 – Feixes de luz laser convergindo em uma lente convergente.



Feixes de luz laser convergindo em uma lente convergente vista da direção contrária à de propagação do feixe de luz.

Fonte: Autor.

Fotografia 5 – Feixes de luz laser paralelos divergindo em uma lente divergente.



Feixes de luz laser paralelos divergindo em uma lente divergente com emissão de luz da direita para a esquerda da fotografia (visão lateral).

Fonte: Autor.

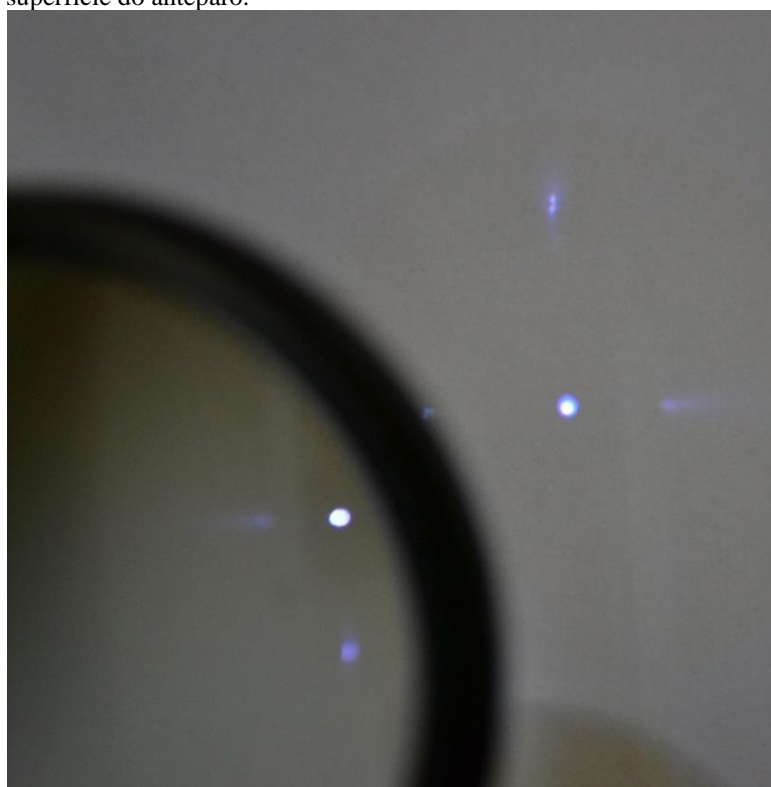
Após a demonstração da situação o professor faz a representação do experimento num esquema bidimensional para tornar mais evidente o fenômeno em duas dimensões a fim de que o experimento fique mais enfático.

Então o professor continua explanando que lentes convergentes e divergentes possuem formatos diferentes, com superfícies, dependendo da lente, que podem ser côncavas e convexas e que a convexidade depende do raio da circunferência da superfície da lente.

Agora os alunos trabalham investigando algumas situações específicas que acontecem com lentes convergentes. Os alunos variam a distância (grandes e pequenas) entre o iluminador e a lente e estudam o tipo de imagem formada. Na atividade os alunos discutem a diferença entre imagem real e virtual.

Em seguida o professor deixa o anteparo a uma distância relativamente longe do iluminador (aproximadamente 10 metros ou mais). Então aproxima-se uma lente convergente biconvexa do anteparo até que a imagem formada no anteparo fique focalizada (fotografia 6).

Fotografia 6 – Imagem do iluminador (objeto) com uma distância superior a dez metros do centro óptico da lente sendo projetada na superfície do anteparo.



Fonte: Autor.

Aproveitando-se da situação, o professor explora a situação. Explora a formação dessa imagem que está projetado sobre o anteparo. É uma imagem real, pois ela está projetada,

portanto, parte da luz que está vindo de longe, se espalhando de cada lado de forma divergente, passa pela lente e forma a imagem. Na condição exposta pode-se assumir que a luz que passa pela lente é composta de feixes que se propagam quase que paralela ao eixo principal dela (eixo ótico), pois a distância é relativamente grande em relação à distância focal da lente. Ou seja, os feixes de luz que passam pela lente se comportam como feixes provenientes do infinito conforme a representação de raios paraxiais da teoria da óptica. Portanto, a distância entre a lente e aquele ponto formado no anteparo é igual à distância do foco da lente e, o plano do anteparo (que é um plano normal ao eixo ótico) em que a imagem é projetada é chamado de plano de focalização. Especificamente neste caso o plano de focalização contém o ponto de foco, por isso estão a mesma distância da lente.

Após isto o professor mostra aos alunos imagens e representações que facilitam a conclusão da visualização daquilo que foi analisado nesta etapa do experimento. Apresentando-lhes então a equação de Gauss junto com a situação do experimento e esclarecendo o que seria na equação e no experimento: o foco da lente (f), distância do objeto até a lente (p) e a distância entre a lente e o plano de focalização (q), ressaltando também que, neste caso, como a distância (p) é relativamente grande em relação ao foco da lente (f) podemos considerar a distância como sendo infinita, ou seja, $p \gg f$ ou $p = \infty$. Portanto uma breve análise da equação de Gauss apresentada aos alunos indica que:

$$p = \infty \quad (6)$$

Então:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \quad (7)$$

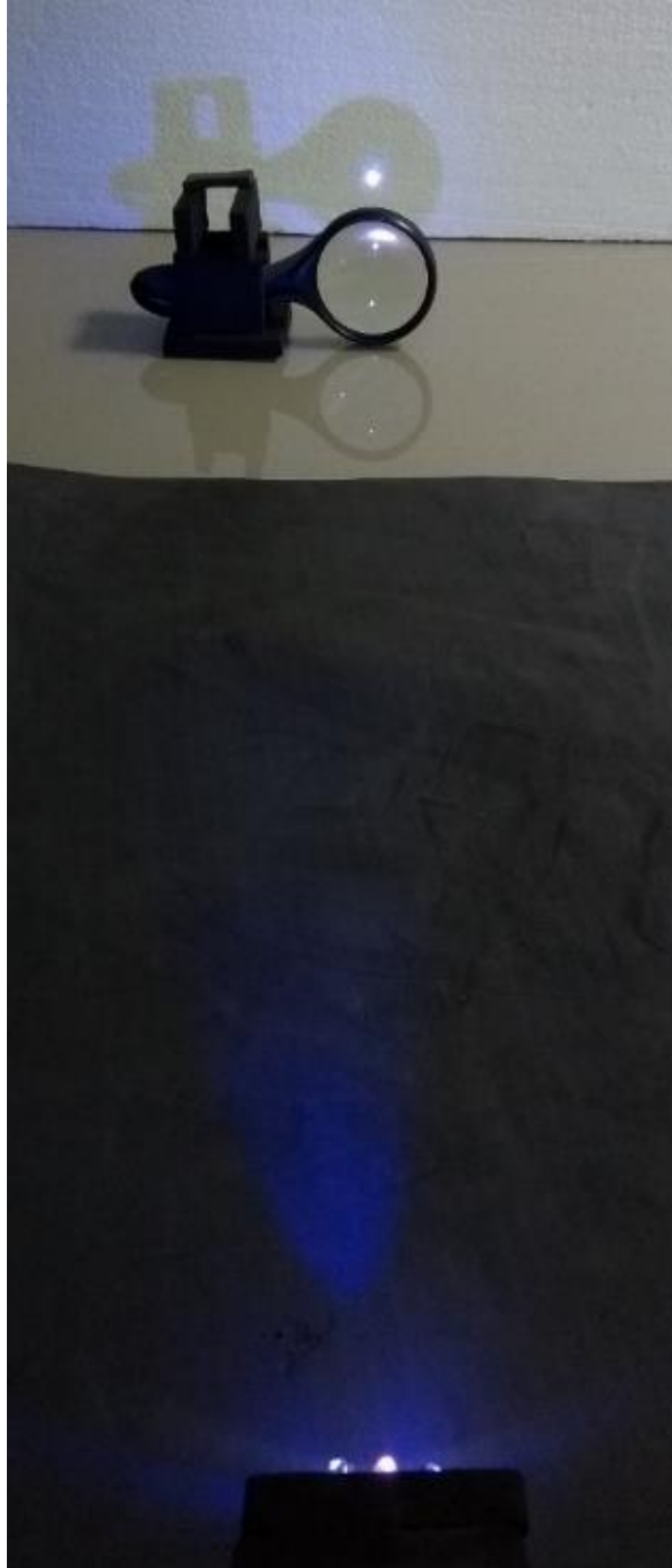
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{q} \quad (8)$$

$$\frac{1}{f} = 0 + \frac{1}{q} \quad (9)$$

$$f = q \quad (10)$$

Então o professor reorganiza o experimento colocando o iluminador, em uma posição um pouco maior do que duas vezes a distância focal. Agora o professor movimentando o anteparo para encontrar o plano de focalização dessa nova condição experimental (fotografias 7 e 8).

Fotografia 7 – Imagem da luz do iluminador (objeto) projetada através de uma lente convergente com um objeto posicionado um pouco além de duas vezes a distância focal da lente.



O material preto e fosco foi colocado sobre a superfície da mesa para eliminar a luz refletida na superfície.

Fonte: Autor.

Fotografia 8 – Dimensão da imagem formada na condição do experimento da fotografia 7.



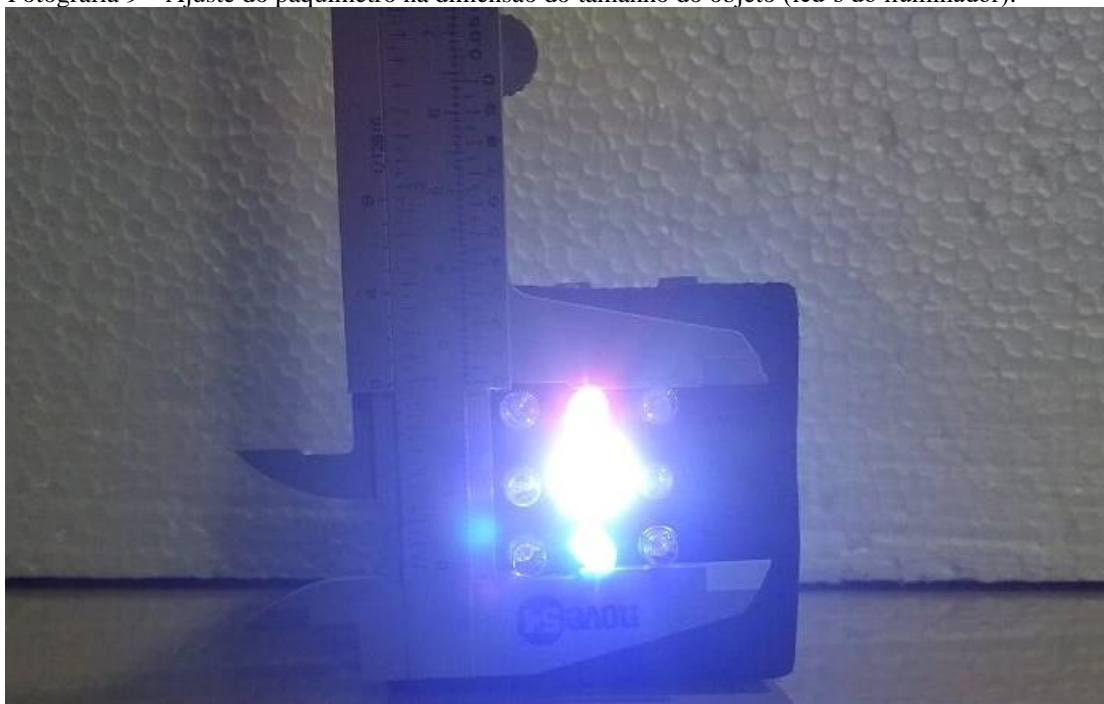
Condição do experimento da fotografia 7 em que um paquímetro é mantido com a dimensão da distância de separação entre os led's extremos da configuração do iluminador.

Fonte: Autor.

Dando continuidade, o professor questiona sobre o tamanho da imagem. Comparada aos tamanhos dos led's do objeto, se é do mesmo tamanho, maior ou menor. Para averiguação o professor solicita que os alunos façam as mensurações com o auxílio de uma régua ou de um paquímetro, verificando-se que a imagem formada para essa situação é menor que a imagem do objeto (iluminador).

O professor reorganiza o experimento ajustando a distância entre o objeto e a lente num valor igual ao dobro da distância focal do lente (fotografias 9, 10 e 11).

Fotografia 9 – Ajuste do paquímetro na dimensão do tamanho do objeto (led's do iluminador).



Fonte: Autor.

Fotografia 10 – Iluminador (objeto) posicionado à distância equivalente ao dobro da distância do foco da lente.



A imagem projetada no anteparo também possui o dobro da distância do foco da lente.

Fonte: Autor.

Fotografia 11 – Comparação do tamanho da imagem formada com o paquímetro que foi previamente ajustado na dimensão do objeto.



A imagem que aparece na parte superior é formada a partir da luz do iluminador que foi refletida na superfície da mesa de trabalho (trata-se da luz que ilumina a mesa na fotografia 10).

Fonte: Autor.

O professor na comparação demonstra que a imagem formada possui a mesma dimensão do objeto. Em seguida o professor realiza a análise da situação através da equação de Gauss. No experimento observa-se que para esta situação a distância (q) entre o plano de focalização e a lente e a distância p entre o iluminador (objeto) e a lente são iguais. Com isso o professor demonstra que se:

$$q = p \quad (11)$$

Então:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \quad (12)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{q} + \frac{1}{q} \quad (13)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{2}{q} \quad (14)$$

$$1q = 2f \quad (15)$$

$$2f = q \quad (16)$$

Então se concluí que a distância p e q são iguais e equivalem ao dobro da distância do ponto de foco.

Agora o professor reorganiza o experimento aproximando um pouco o iluminador do ponto focal da lente. Em seguida, movimenta o anteparo até encontrar o plano de focalização, conforme mostrado nas fotografias 12 e 13.

Fotografia 12 – Condição experimental para a formação da imagem através de uma lente convergente com o objeto um pouco mais próximo do ponto de foco da lente.



Fonte: Autor.

Fotografia 13 – Projeção da fotografia 12 com o paquímetro ajustado para o tamanho do objeto (iluminador).

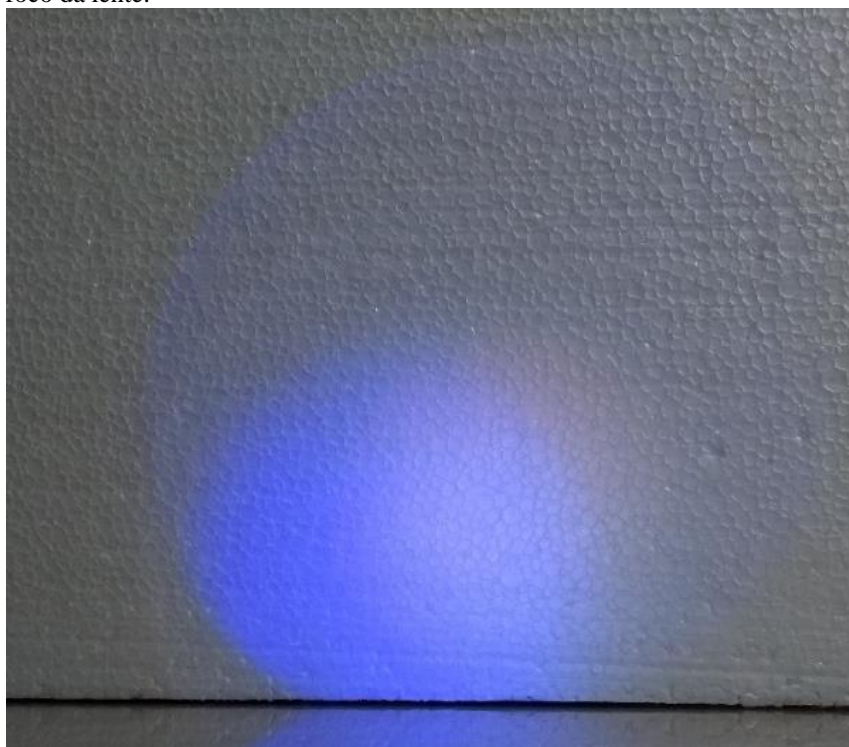


Fonte: Autor.

O professor observa que a imagem formada é maior do que o objeto conforme a fotografia 13.

Então o professor reorganiza o experimento colocando o iluminador na distância do ponto de foco da lente e move o anteparo para posicioná-lo no novo plano de focalização. O resultado é algo parecido com a imagem apresentada na fotografia 14.

Fotografia 14 – Tentativa de encontrar o plano de focalização de uma imagem (imprópria) nas proximidades de uma lente convergente com o objeto situado no foco da lente.



Fonte: Autor.

Então o professor direciona a lente para uma parede relativamente distante (mais de 10 metros de distância) conforme a fotografia 15.

Fotografia 15 – Projeção da imagem numa parede a dez metros de distância da lente convergente.



A imagem formada é real, maior e invertida do objeto indicando que o objeto não está exatamente no ponto focal.

Fonte: Autor.

Nesse experimento deve-se mover a lente até que a imagem não seja projetada pois trata-se de uma situação em que os raios que atravessam a lente se propagam paralelamente ao eixo óptico da lente. Mas na condição experimental apresentada na fotografia 15, fica registado a ideia de que na condição do objeto estar no ponto focal, a imagem vai sendo formada cada vez mais num plano de focalização que se afasta da lente até chegar ao infinito.

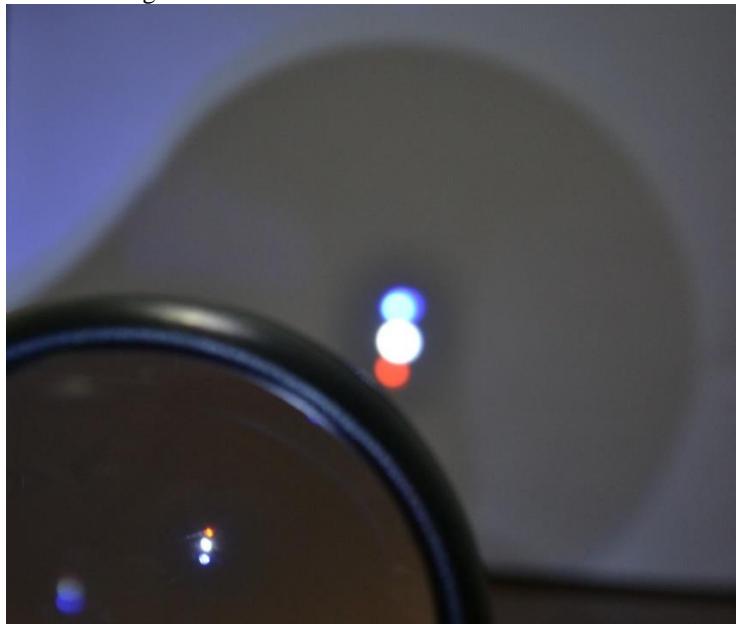
A essa altura já houve a percepção por parte dos alunos de que todas as imagens formadas estavam invertidas, então professor questiona a definição de imagem invertida, demonstrando diferentes situações com a projeção dos led's na parede, concluindo então que a imagem invertida corresponde a uma imagem que sofreu uma rotação de 180° , em torno do eixo óptico, em relação a posição do objeto (iluminador), conforme as figuras 16, 17, 18, 19 e 20.

Fotografia 16 – Inversão horizontal da imagem formada através de uma lente convergente.



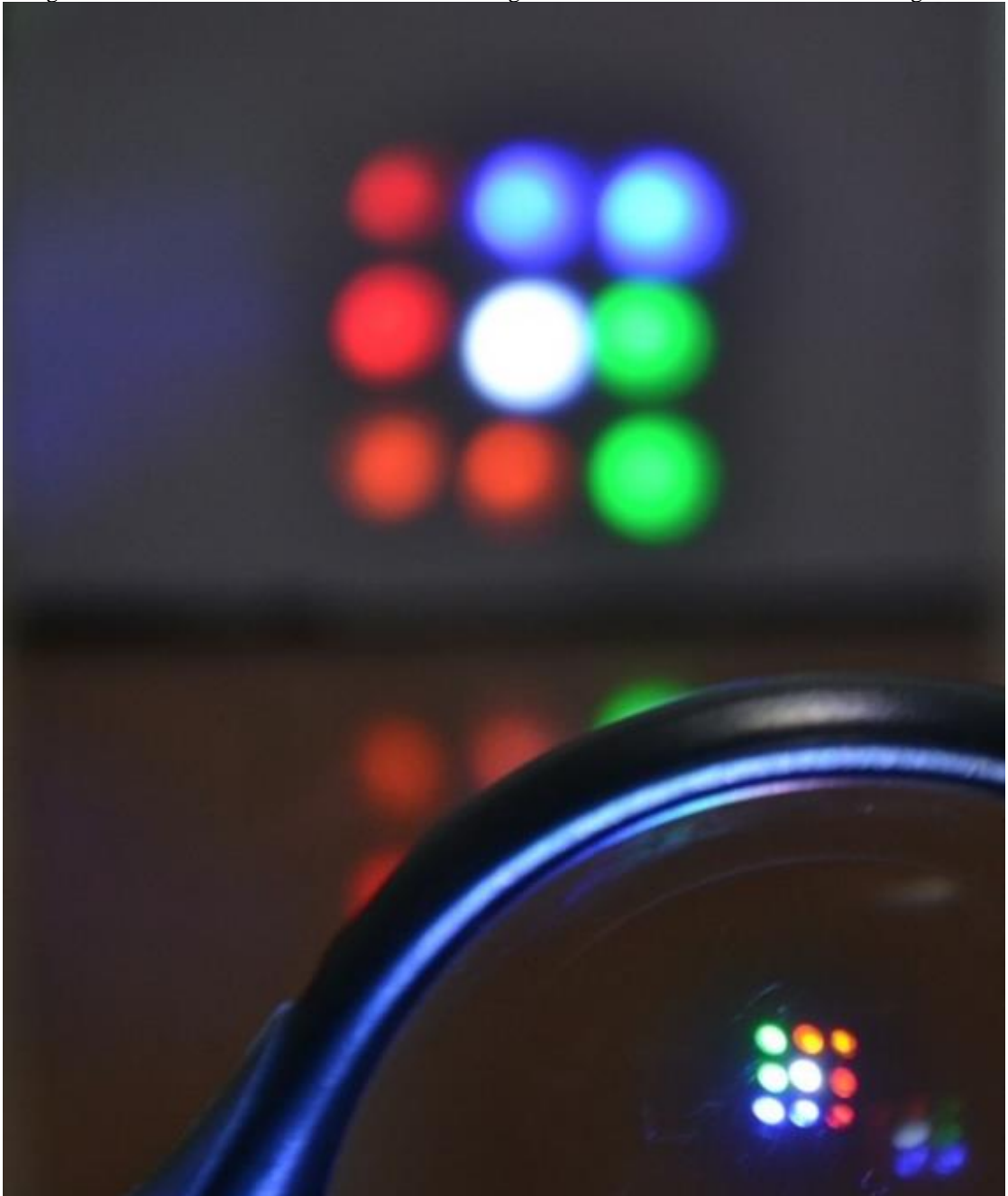
Comparando com a imagem do iluminador que está sendo refletida na superfície da lente (que funciona com um espelho), temos a imagem do led vermelho formada no lado esquerdo do anteparo enquanto que no iluminador ele está do lado direito. A disposição das cores dos led's no iluminador pode ser visualizada na fotografia 1. Fonte: Autor.

Fotografia 17 – Inversão vertical da imagem formada através de uma lente convergente.



Comparando com a imagem do iluminador que está sendo refletida na superfície da lente (que funciona com um espelho), temos a imagem do led vermelho no lado de cima enquanto que na imagem formada no anteparo ele aparece do lado de baixo. Fonte: Autor.

Fotografia 18 – Inversão vertical e horizontal da imagem formada através de uma lente convergente.

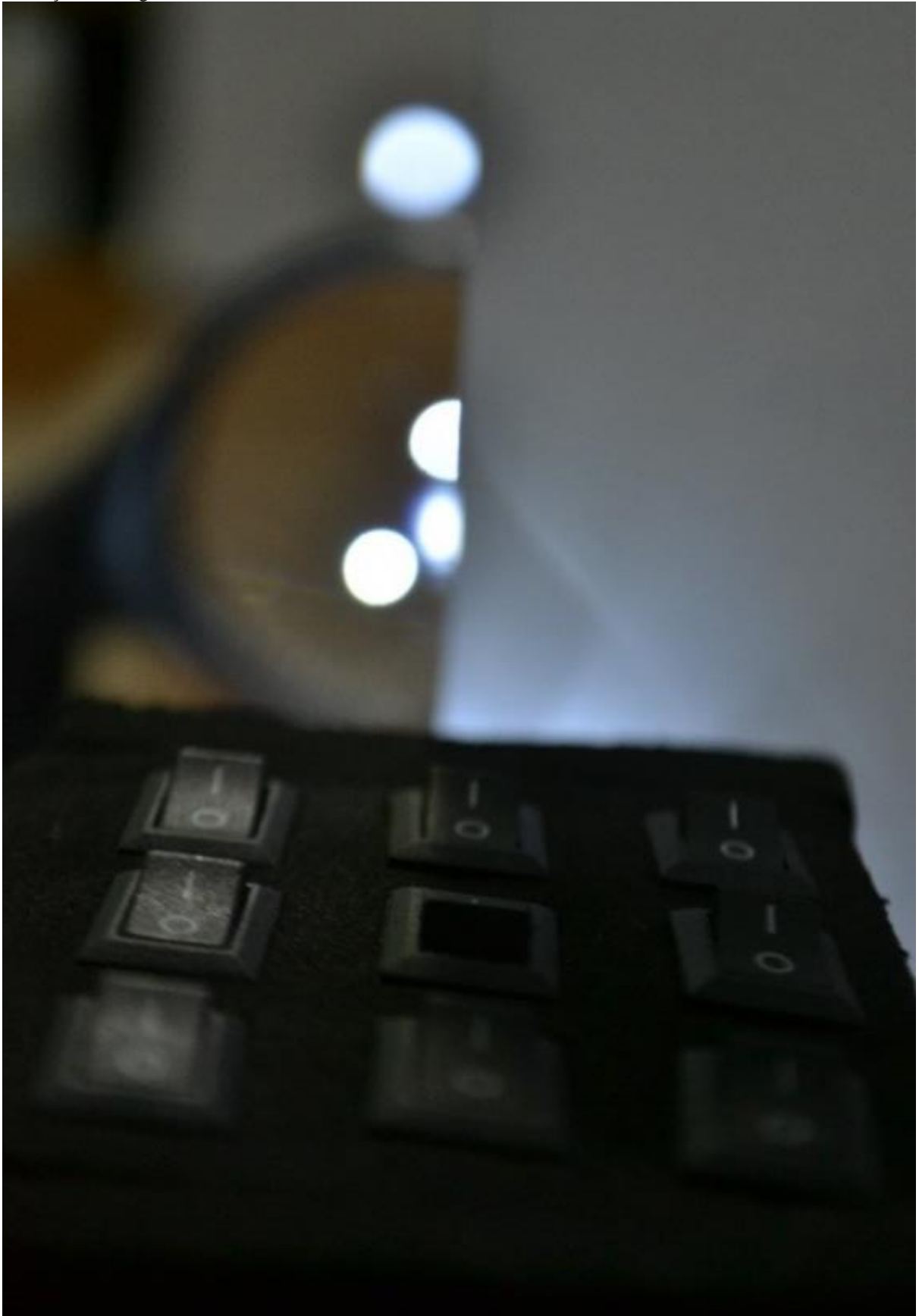


Comparando com a imagem do iluminador que está sendo refletida na superfície da lente (que funciona com um espelho), percebe-se uma rotação de 180° na imagem do iluminador em relação a imagem formada no anteparo.

Fonte: Autor.

Por fim o professor posiciona o iluminador a uma distância um pouco maior do que a distância focal e ajusta a focalização do led central numa parede distante. O resultado é uma imagem circular. Agora ele questiona se aquela imagem é invertida. Para demonstrar o resultado ele aproxima do led uma folha de papel da direita para a esquerda. O resultado é que a imagem começa a desaparecer da esquerda para a direita. Ele pode fazer o mesmo de cima para baixo e vice-versa.

Fotografia 19 – Detalhe de obstrução da luz do objeto (iluminador) pela direita antes da lente convergente na condição de imagem real e invertida.



Fonte: Autor.

Fotografia 20 – Detalhe de obstrução da luz da fotografia 19, com sua respectiva imagem invertida através da lente convergente.



Fonte: Autor.

O professor reposiciona o iluminador para uma distância menor que o ponto de foco da lente. Ele movimentava o anteparo na tentativa de focalizar a imagem formada conforme a figura 21.

Fotografia 21 – Tentativa de encontrar o plano de focalização de uma imagem (virtual) nas proximidades de uma lente convergente com o objeto situado entre o centro óptico e o ponto de foco da lente.



Fonte: Autor.

Em seguida o professor realiza e discute que a imagem não se forma no lado oposto do iluminador em relação à lente, se formando agora do mesmo lado sem inversão de imagem conforme a figura 22.

Fotografia 22 – Imagem virtual visualizada atrás da lente convergente de um objeto que está entre o centro óptico da lente e o ponto de foco.



Para comparação do tamanho da imagem, observa-se na fotografia que a imagem formada no reflexo na mesa tem o mesmo tamanho do objeto (iluminador), enquanto a imagem virtual da lente apresenta-se maior que o objeto.

Fonte: Autor.

Então o professor pede que os alunos olhem para dentro da lente para que consigam visualizar a imagem virtual.

Fotografia 23 – Imagem virtual visualizada atrás da lente convergente de um objeto que está entre o centro óptico da lente e o ponto de foco.



Tentativa de mostrar que a imagem virtual é maior, o paquímetro (pouco visível) a frente da lente que mantém travado o tamanho do objeto (iluminador).

Fonte: Autor.

Com a sequência experimental apresentada, fecha-se a etapa de aplicação do produto proposto, e os alunos realizam a segunda etapa com a escrita orientada (parte 2).

4.2.3 Aplicação às Anomalias da Visão - Terceira Etapa

Dando sequência às atividades o professor questiona os alunos sobre o que seria o “grau” de uma lente de óculos, demonstrando então aos alunos que o “grau” indica o nível de vergência de uma lente a partir do inverso do foco conforme a equação 3.

Então os alunos são convidados a medirem o foco e calcularem a vergência de duas lentes convergentes, sendo uma de lupa e a outra de uma lente de óculos.

Após a realização das medidas e dos cálculos, o professor explica aos alunos as características de dois pontos de referência da visão, o Ponto Próximo (PP) e o Ponto Remoto

(PR), sendo que, para um olho sem anomalias o ponto próximo deve ser de aproximadamente 25 cm do olho e o ponto remoto deve estar no infinito.

Em seguida o professor pede aos alunos que em duplas, realizem a medida de seus respectivos pontos próximos e pontos remotos de seus olhos com o auxílio de régua e trena. Considera-se as equações 17 e 18 abaixo:

$$V = -\frac{1}{PR} \quad (17)$$

$$V = \frac{1}{0,25} - \frac{1}{PP} \quad (18)$$

O professor pede para que os alunos utilizem para verificar a vergência das lentes dos alunos que já possuem miopia ou hipermetropia diagnosticada assim como o cálculo de vergência da lente para uma possível miopia ou hipermetropia que os alunos possuam sem diagnóstico, atividade com intensão apenas de estimativa. O professor ressalta que qualquer diagnóstico oftalmológico deve ser realizado apenas pelo profissional da área (médico). E finaliza a terceira etapa com a escrita orientada (parte 3) realizada pelos alunos.

4.2.4 Aplicação da Avaliação Diagnóstica

Na semana seguinte a avaliação diagnóstica é realizada pelos alunos sem aviso prévio e sem consultas a nenhum material, finalizando assim a aplicação do produto educacional assim como a sua coleta de dados para análise.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para analisar os resultados da aplicação do produto educacional utilizou-se um método de análise de vocabulário adquirido que vai de encontro com a afirmação de Cruz (2016, p. 69): “[...] o ato de escrever é a concretização de um processo de registro real do conhecimento virtual que temos em nossa mente, ou seja, o documento escrito é o registro real do que está elaborado de forma definitiva em nossa mente”.

E para realizar a análise foi utilizado um software de computador para a realização da compilação das respostas dos alunos para excluir a opinião e a interferência do pesquisador, fornecendo desta maneira mais confiabilidade aos resultados obtidos na análise. A análise foi realizada através da aplicação do software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014), pois esse software analisa as respostas descritas pelos alunos destacando as palavras mais elencadas. Duas formas foram empregadas no processo: (1) por nuvem de palavras na qual o software elenca as palavras mais citadas em ordem decrescente de tamanho. Palavra escrita em tamanho maior significa que foi muito utilizada, por sua vez palavras escritas em tamanho pequeno foram pouco utilizadas e (2) por rede de similitude que liga as palavras mais citadas conforme a composição das frases.

Todas as questões foram analisadas, isto é, após o recebimento das atividades dos alunos todas as suas respostas as avaliações foram digitadas e preparadas para serem analisadas pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014). Entretanto, aqui nesta dissertação apresentaremos apenas a análise da questão 7 da parte 1, 35 da parte 2, 17 de parte 3 e 7 da avaliação diagnóstica. A justificativa para essa escolha está associada diretamente à questão que perguntava “Quais são as principais características de uma lente?” Essa questão nos leva diretamente à verificação do vocabulário de conceitos fundamentais da óptica geométrica, indicando assim a evolução dos vocabulários dos alunos. Mas todas as demais análises estão listadas no apêndice E.

Após a primeira etapa, o estudante era levado a ressaltar as características de uma lente. Na nuvem de palavras apresentando na figura 17 vemos que as principais palavras necessárias para a descrição do solicitado estão presentes e em destaque. As palavras convergente e divergente foram as mais empregadas. Isso demonstra que os estudantes entenderam que existem dois tipos de lentes e que os efeitos produzidos pelo elemento óptico dependem de suas características como o foco, o eixo óptico e o centro da lente, isso porque essas foram as palavras em sequência mais empregadas. Entretanto, chama a atenção que citaram as superfícies

convexas, mas em nenhuma descrição ocorreu a indicação da possibilidade de existência de superfícies côncavas.

Outro ponto a se destacar é que as lentes esféricas não foram lembradas, mas as lentes cilíndricas sim. Esse resultado pode ser um indicativo de que o usual, o óbvio, não é lembrado no momento da escrita. Mas também pode ser um indicativo de que os estudantes não entenderam que existe um tipo de lente que é a lente esférica.

Figura 17 – Nuvem de palavras gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014); Etapa 01 - Questão 07.

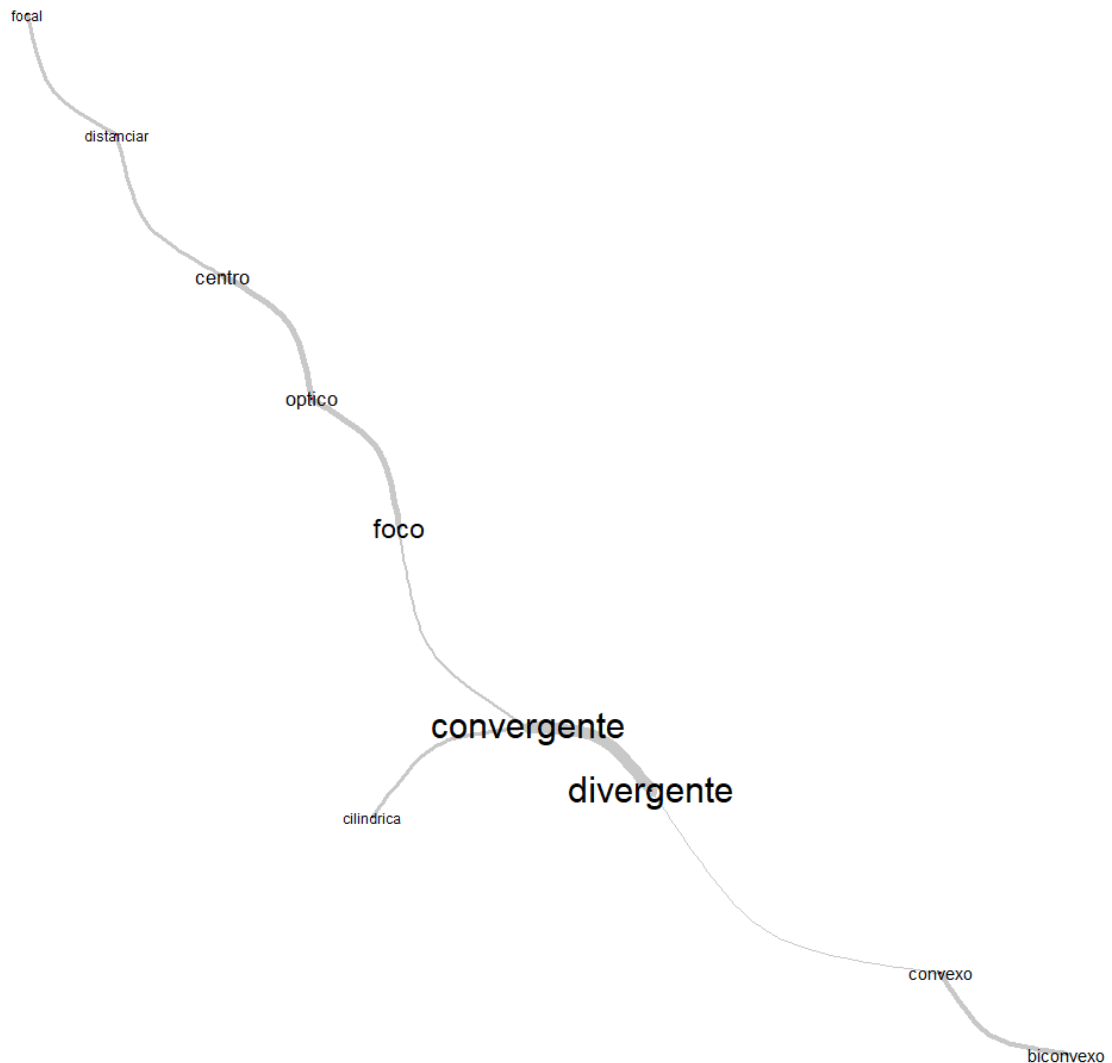


Percebe-se que os alunos sofreram influência da aula teórica, relatando mais características teóricas da lente nessa etapa.

Fonte: Autor.

A confirmação da análise acima aparece ao olharmos o gráfico de similitude apresentado na figura 18. Observa-se que os estudantes indicam um caminho correto na apresentação de suas ideias e conclusões em relação ao tema. No centro aparece claramente a distinção dos dois tipos de lentes, mas ao mesmo tempo há um indicativo de que as superfícies convexas estão associadas à ambas as lentes. Ou como já chamamos a atenção os estudantes não entenderam que existe a lente esférica.

Figura 18 – Rede de similitude gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014); Etapa 01 - Questão 07.



Percebe-se que os alunos sofreram influência da aula teórica, relatando mais características teóricas da lente nessa etapa.

Fonte: Autor.

Na figura 19 apresentamos a nuvem de palavras para a questão 17 da etapa 2. Essa etapa ocorreu após a execução de atividades experimentais. É notável que ocorreu um aumento na repetição das palavras anteriormente já utilizadas na descrição das características importantes de uma lente. Mas agora nota-se um distanciamento entre uma característica importante da lente que é o foco (figura 20) e um aumento na importância de nomenclatura relativos ao tema tais como a indicação do tipo de superfície e o nome da lente associada. Entretanto, ressaltasse que as lentes esféricas novamente não foram nominadas.

ETAPA 02 – QUESTÃO 17

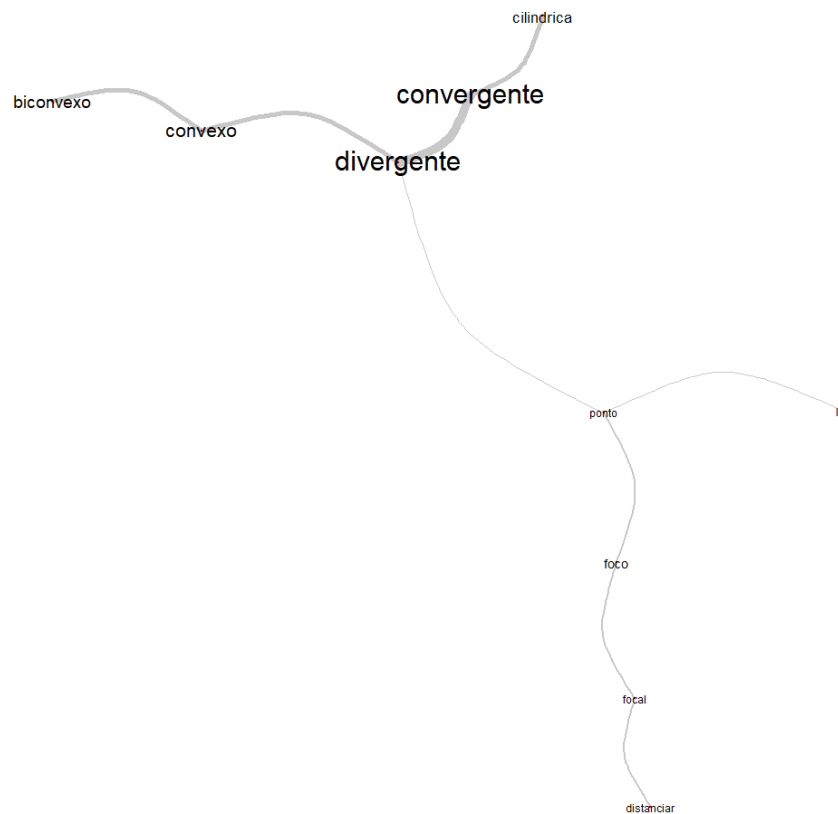
Figura 19 – Nuvem de palavras gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014); Etapa 02 - Questão 17.



Percebe-se que os alunos sofreram influência da aula experimental, relatando mais características de formatos de lentes nessa etapa.

Fonte: Autor.

Figura 20 – Rede de similitude gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014); Etapa 02 - Questão 17.



Percebe-se que os alunos sofreram influência da aula experimental, relatando mais características de formatos de lentes nessa etapa.

Fonte: Autor.

Na figura 21 é apresentado a nuvem de palavras presentes nas respostas doas estudantes a questão de número 35. Nessa etapa foram discutidos os problemas de visão e como essas anomalias visuais poderiam ser corrigidas. Vemos na análise do resultado da avaliação que as mesmas nomenclaturas foram lembradas pelos estudantes. Entretanto, percebe-se que a característica importante da lente, que é o foco, foi lembrada com maior repetição. E essa observação é confirmada pela análise da rede de similitude apresentada na figura 22. Dela percebe-se a aproximação da palavra foco com a nomenclatura das lentes. Mas é bom ressaltar que as lentes esféricas não foram indicadas.

Uma análise que pode ser feita, para os dados apresentados na avaliação após a etapa 3, é de que a característica da lente tenha se tornado importante em função da aplicabilidade exigida pela função que é exercida pela lente na correção das anomalias. O fato é que existiu uma aproximação das características reais do elemento óptico com a nomenclatura dada ao elemento óptico.

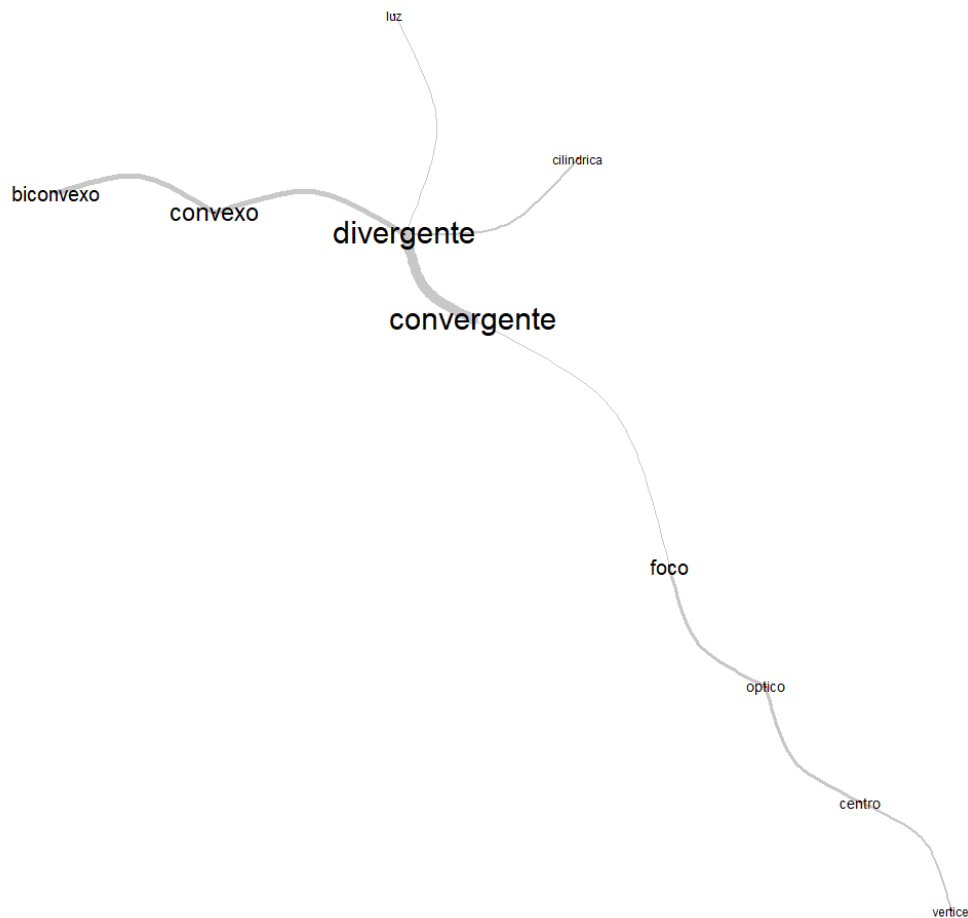
Figura 21 – Nuvem de palavras gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014); Etapa 03 - Questão 35.



Percebe-se que a palavra foco a aparecer maior que a nuvem de palavras da figura 19, por ser por ser mais citada nas respostas dos alunos.

Fonte: Autor.

Figura 22 – Rede de similitude gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014);
 Etapa 03 - Questão 35.

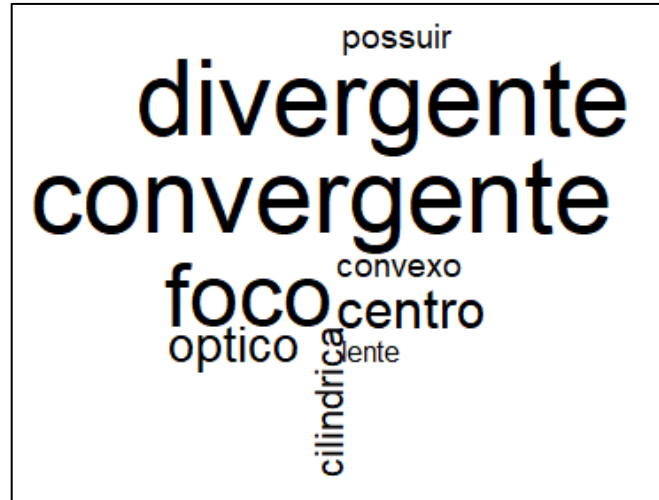


Percebe-se que a palavra foco ainda não está corretamente relacionado com as características da lente, ficando em uma posição secundária e deslocada.
 Fonte: Autor.

Finalmente, após a finalização do produto educacional é realizada a avaliação diagnóstica. Essa avaliação é realizada uma semana após o término das atividades e sem que os estudantes tenham conhecimento de que ela será realizada.

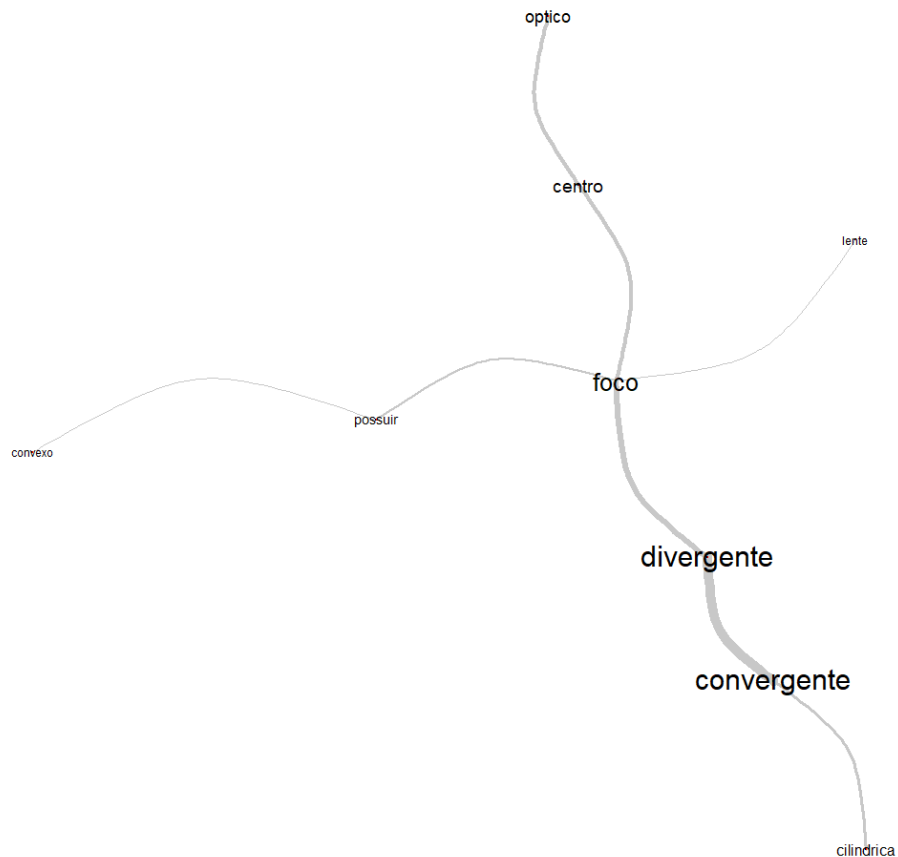
Na figura 23 a nuvem de palavras indica uma aproximação entre a característica da lente que é a distância focal e a sua nomenclatura. Ou seja, os estudantes perceberam que a nomenclatura do elemento óptico está associada aos elementos que caracterizam as propriedades do elemento óptico em questão. Essa conclusão é fortemente confirmada pela rede de similitude apresentada na figura 24. Observa-se que no ponto de ligação entre os ramos da rede está a palavra foco. É um indicativo de que a característica foi assimilada pelos estudantes. Mas ainda é bastante evidente na análise da rede de similitude de que a nomenclatura é mais importante do que a característica da lente em si.

Figura 23 – Nuvem de palavras gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014); Avaliação Diagnóstica - Questão 07.



Percebe-se que uma semana após a aplicação do produto educacional, as respostas dos alunos foram mais objetivas se comparadas com a nuvem de palavras da figura 21.
Fonte: Autor.

Figura 24 – Rede de similitude gerada pelo software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014); Avaliação Diagnóstica - Questão 07.



Percebe-se que o foco se torna a principal palavra de ligação dos demais conceitos, demonstrando que os alunos já relacionam todas as características de uma lente esférica com o seu respectivo foco.

Fonte: Autor.

6 CONCLUSÕES

Deste trabalho podemos concluir que foi possível a obtenção de um produto educacional de eficiente e construído a partir de materiais de baixo custo. Além disso o produto educacional possui a característica de poder ser produzido com facilidade pois sua base de fabricação é o E.V.A., um material de fácil manuseio, corte, colagem e processamento.

Da análise dos resultados foi possível confirmar um aumento no vocabulário científico dos alunos em relação ao ensino de óptica. Esse aumento sendo proporcionado por três indicativos: a qualidade do produto educacional, a proposta do comportamento do professor que serviu como exemplo e não apenas um elemento “mediador” e/ou “transmissor” de conhecimento e a ação do registro manuscrito dos resultados das atividades.

Portanto é evidente que a utilização do produto educacional se mostrou de grande importância para o estudo da óptica geométrica não só pela sua proposta, mas principalmente porque influenciou fortemente na vida dos alunos que passaram a ter mais interesse pelas atividades. Esta última conclusão se mostrou mais evidente quando os estudantes passam a realizar a medida para encontrar a vergência das lentes, pois foi notório o aumento de interesse quando a aplicação da física tratou de uma situação real em que os resultados poderiam afetá-los diretamente.

Por fim, conclui-se que o produto educacional se mostrou útil, prático e eficiente para o ensino de óptica geométrica aplicado às anomalias da visão, verificando-se também que seu impacto gerou um aumento significativo do vocabulário dos alunos referente aos conceitos presentes na óptica geométrica.

REFERÊNCIAS

- BRUNER, J. S. **Uma nova teoria de Aprendizagem**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bloch, 1969. 191 p.
- CRUZ, G. K. **A criação do conhecimento real exterior**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2016. 169 p.
- FEYNMAN, R. P; LEIGHTON, R. B; SANDS, M. **Lições de Física**. Edição definitiva. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E; **Tratado de fisiologia médica**. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. 1151 p.
- HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física: óptica e física moderna**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 400 p.
- MILESKI, I. A relação da memória e da aprendizagem na aquisição de L2. **Anais do I Seminário Internacional de Aquisição da Linguagem**. PUC-RS. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://editora.pucrs.br/anais/sial/2011/src/5.pdf>. Acesso em: 20 set. 2019.
- QUINATO, G. A. **Educação científica, CTSA e Ensino de Física: contribuições ao aperfeiçoamento de situações de aprendizagem sobre entropia e degradação de energia**. 2013. Dissertação para a obtenção do título de Mestrado em Educação para Ciência (Mestrado em Educação para Ciências) – Universidade Estadual Paulista, Baurú, 2013.
- PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação (SEED). **Diretrizes curriculares da educação básica: física**. Paraná, 2008. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf. Acesso em: 03 out. 2019.
- PIERRE RATINAUD. **Copyright**: Software Iramuteq. Versão 0.7 alpha 2. [S. l.], 22 dez. 2014. Disponível em: <http://www.iramuteq.org/>. Acesso em: 31 ago. 2020.

APÊNDICE A – ESCRITA ORIENTADA (PARTE 1)



Nome: _____ N° _____ Série: _____ Data: ____/____/____

ESCRITA ORIENTADA (PARTE 1)

01. Quais são os problemas de visão mais comuns em humanos?

02. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com miopia?

03. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com hipermetropia?

04. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com astigmatismo?

05. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com presbiopia?

06. O que é uma lente?

07. Quais são as principais características de uma lente?

08. O que é uma lente divergente?

09. O que é uma lente convergente?

10. O que é uma lente cilíndrica?

APÊNDICE B – ESCRITA ORIENTADA (PARTE 2)



Nome: _____ Nº _____ Série: _____ Data: ____/____/____

ESCRITA ORIENTADA (PARTE 2)

11. Quais são os problemas de visão mais comuns em humanos?

12. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com miopia?

- a) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais distantes.
- b) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais próximos.
- c) Dificuldade em focalizar a qualquer distância.
- d) Dificuldade de focalizar objetos por completo.

13. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com hipermetropia?

- a) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais distantes.
- b) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais próximos.
- c) Dificuldade em focalizar a qualquer distância.
- d) Dificuldade de focalizar objetos por completo.

14. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com astigmatismo?

- a) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais distantes.
- b) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais próximos.
- c) Dificuldade em focalizar a qualquer distância.
- d) Dificuldade de focalizar objetos por completo.

15. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com presbiopia?

- a) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais distantes.
- b) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais próximos em geral.
- c) Dificuldade em focalizar a qualquer distância.

d) Dificuldade de focalizar objetos por completo.

16. O que é uma lente?

- a) Material com índice de refração diferente do meio em que está inserido e que desvia a luz por meio da refração.
- b) Material com índice de refração idêntico do meio em que está inserido e que desvia a luz por meio da refração.
- c) Material com índice de refração diferente do meio em que está inserido e que desvia a luz por meio da difração.
- d) Material com índice de refração diferente do meio em que está inserido e que desvia a luz por meio da reflexão.

17. Quais são as principais características de uma lente?

18. O que é uma lente divergente?

- a) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a convergir em um único ponto, o foco da lente (imagem real).
- b) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a divergir em relação em um único ponto, o foco da lente (imagem virtual).
- c) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a convergir ou divergir em relação em uma linha, refratando a luz em um único eixo de direção.
- d) Material que não desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma que permanece sem a ocorrência de refração.

19. O que é uma lente convergente?

- a) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a convergir em um único ponto, o foco da lente (imagem real).
- b) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a divergir em relação em um único ponto, o foco da lente (imagem virtual).
- c) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a convergir ou divergir em relação em uma linha, refratando a luz em um único eixo de direção.
- d) Material que não desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma que permanece sem a ocorrência de refração.

20. O que é uma lente cilíndrica?

- a) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a convergir em um único ponto, o foco da lente (imagem real).

- b) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a divergir em relação em um único ponto, o foco da lente (imagem virtual).
- c) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a convergir ou divergir em relação em uma linha, refratando a luz em um único eixo de direção.
- d) Material que não desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma que permanece sem a ocorrência de refração.

21. Descreva o que é o foco de uma lente:

22. Descreva o que é o ponto p medido no experimento:

23. Descreva o que é o ponto p' medido no experimento:

24. Descreva o que é o plano de focalização:

25. Descreva o que é a característica centro de curvatura:

26. O que é uma imagem invertida em uma lente?

27. O que é uma imagem no infinito?

28. Descreva a diferença entre uma imagem real e uma imagem virtual:

APÊNDICE C – ESCRITA ORIENTADA (PARTE 3)



Nome: _____ Nº _____ Série: _____ Data: ____/____/____

ESCRITA ORIENTADA (PARTE 3)

29. Quais são os problemas de visão mais comuns em humanos?

30. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com miopia?

31. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com hipermetropia?

32. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com astigmatismo?

33. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com presbiopia?

34. O que é uma lente?

35. Quais são as principais características de uma lente?

36. O que é uma lente divergente?

37. O que é uma lente convergente?

38. O que é uma lente cilíndrica?

39. O foco de uma lente:

- a) é o prolongamento dos raios luminosos que divergem de um ponto virtual.
- b) é convergência dos raios luminosos em um ponto real.
- c) é a distância entre o centro óptico e o ponto onde os raios convergem ou divergem em um ponto.
- d) é a distância entre o centro óptico de uma lente e seu centro de curvatura.

40. O ponto p medido no experimento é:

- a) a distância entre o objeto e a lente.
- b) a distância entre a imagem e a lente.
- c) a distância entre o foco e a lente.
- d) a região do espaço em que é possível visualizar a imagem formada, estando à distância q do centro óptico.
- e) a distância que corresponde ao dobro da distância focal.

41. O ponto q medido no experimento é:

- a) a distância entre o objeto e a lente.
- b) a distância entre a imagem e a lente.
- c) a distância entre o foco e a lente.
- d) a região do espaço em que é possível visualizar a imagem formada, estando à distância q do centro óptico.
- e) a distância que corresponde ao dobro da distância focal.

42. O plano de focalização é:

- a) a distância entre o objeto e a lente.
- b) a distância entre a imagem e a lente.
- c) a distância entre o foco e a lente.
- d) a região do espaço em que é possível visualizar a imagem formada, estando à distância q do centro óptico.
- e) a distância que corresponde ao dobro da distância focal.

43. O ponto centro de curvatura é:

- a) a distância entre o objeto e a lente.

- b) a distância entre a imagem e a lente.
- c) a distância entre o foco e a lente.
- d) a região do espaço em que é possível visualizar a imagem formada, estando à distância q do centro ótico.
- e) a distância que corresponde ao dobro da distância focal.

44. A imagem invertida em uma lente por uma lente convergente:

- a) corresponde à rotação de 180° na imagem em relação ao objeto.
- b) corresponde a uma imagem com distância superior à aproximadamente 10 metros.
- c) corresponde a uma imagem que pode ser projetada.
- d) corresponde a uma imagem formada por prolongamentos de raios luminosos.

45. Um objeto no infinito:

- a) corresponde à rotação de 180° na imagem em relação ao objeto.
- b) corresponde a um objeto com distância superior à aproximadamente 10 metros.
- c) corresponde a uma imagem que pode ser projetada.
- d) corresponde a uma imagem formada por prolongamentos de raios luminosos.

46. Uma imagem virtual:

- a) corresponde à rotação de 180° na imagem em relação ao objeto.
- b) corresponde a uma imagem com distância superior à aproximadamente 10 metros.
- c) corresponde a uma imagem que pode ser projetada.
- d) corresponde a uma imagem formada por prolongamentos de raios luminosos.

47. Qual é a relação matemática ao considerar-se que $p=\infty$ na equação de Gauss? O que significa isso?

48. Considerando que a distância focal de uma determinada lente é igual a 10 cm:

a) Qual será a distância do plano de focalização em relação ao centro ótico para um objeto à 50 cm de distância?

b) Qual será a distância do plano de focalização em relação ao centro ótico para um objeto à 1,2 m de distância?

c) O Ponto q será igual à distância focal em alguma das situações acima?

d) Qual será o valor do ponto centro de curvatura dessa lente?

e) Qual será a vergência dessa lente?

49. Qual é a distância do ponto próximo (PP) e do ponto remoto (PR) dos seus olhos.

50. Caso fosse necessária uma lente para corrigir um suposto problema de sua visão:

a) Qual seria a dioptria da lente para o caso de miopia?

b) Qual seria a dioptria da lente para o caso de hipermetropia?

APÊNDICE D – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA



Nome: _____ Nº _____ Série: _____ Data: ____/____/____

AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

01. Quais são os problemas de visão mais comuns em humanos?

02. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com miopia?

03. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com hipermetropia

04. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com astigmatismo?

05. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com presbiopia?

06. O que é uma lente?

07. Quais são as principais características de uma lente?

08. O que é uma lente divergente?

09. O que é uma lente convergente

10. O que é uma lente cilíndrica?

11. Descreva o que é o foco de uma lente:

12. Descreva o que é o ponto p medido no experimento:

13. Descreva o que é o ponto q medido no experimento:

14. Descreva o que é o plano de focalização:

15. Descreva qual é a característica centro de curvatura:

16. O que é uma imagem invertida em uma lente?

17. O que é uma imagem no infinito?

18. Descreva a diferença entre uma imagem real e uma imagem virtual:

19. Qual é a relação matemática ao considerar-se que $p=\infty$ na equação de Gauss? O que significa isso?

20. Considerando que a distância focal de uma determinada lente é igual a 20 cm:

a) Qual será a distância do plano de focalização em relação ao centro óptico para um objeto à 40 cm de distância?

b) Qual será a distância do plano de focalização em relação ao centro óptico para um objeto à 2,1 m de distância?

c) O ponto q será igual à distância focal em alguma das situações acima?

d) Qual será o valor do centro de curvatura dessa lente?

e) Qual será a vergência dessa lente?

APÊNDICE E – ANÁLISE DAS QUESTÕES AVALIATIVAS

Neste apêndice apresentamos a avaliação realizada com o software Iramuteq (PIERRE RATINAUD, 2014) de todas as questões avaliativas referente a todas as fases do processo de aplicação do produto educacional. Para análise seguimos o mesmo procedimento já descrito na dissertação.

Os dados aqui apresentados foram ordenados em função da questão apresentada em cada avaliação e na ordem cronológica de aplicação. Por exemplo: a questão 1 da etapa 1 vem seguida da questão 11 da etapa 2 que por sua vez é seguida pela questão 29 da etapa 3. E finalmente é apresentado o resultado da questão de número 11 da etapa da avaliação diagnóstica. E assim se segue para as demais questões.

Como resultado dessa análise ressaltamos que em todos os casos pudemos perceber a evolução do vocabulário e dos conceitos adquiridos pelos estudantes na aplicação do produto educacional. Portanto, essa dissertação comprova a importância da escrita durante o processo da construção do conhecimento.

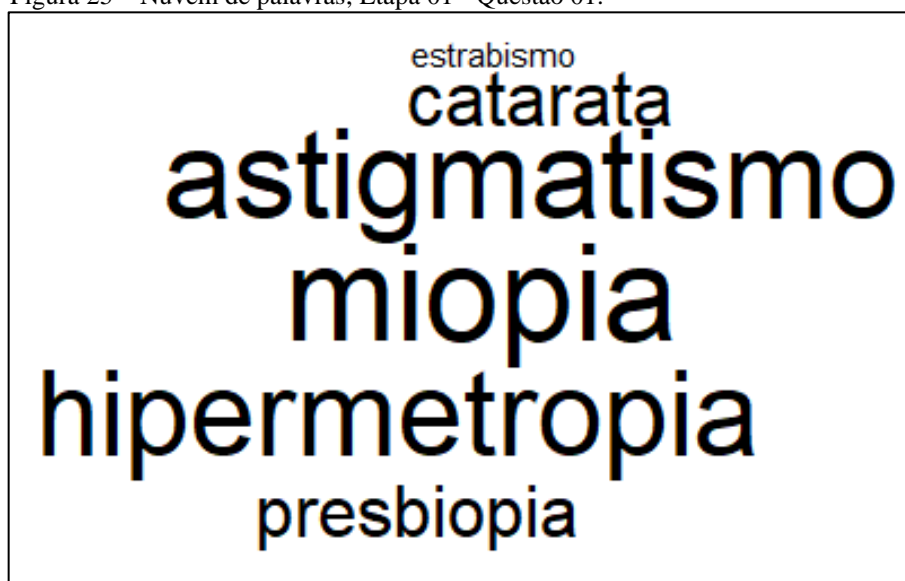
Observação:

– O programa compilou de forma equivocada algumas palavras, devendo substituí-las da seguinte forma:

Atar = até; distanciar = distância; espa = estando; pè = q (da equação 2).

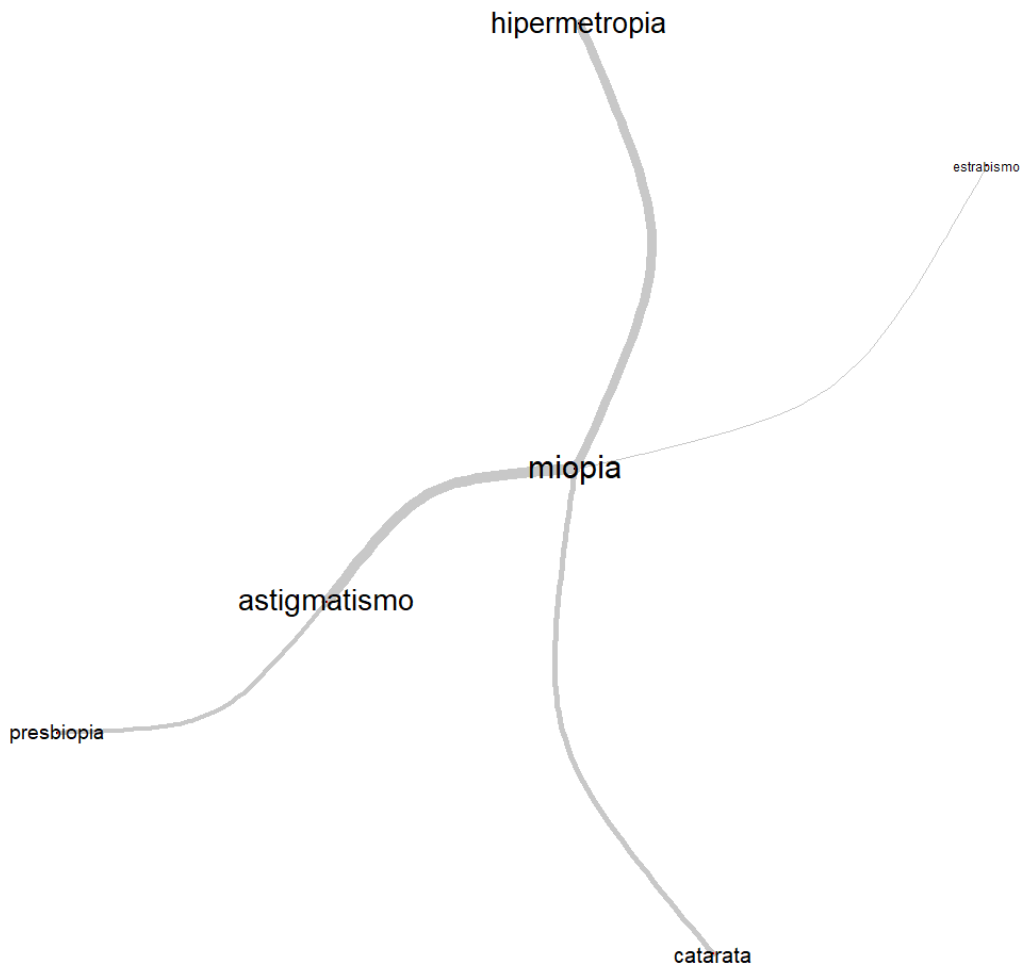
ETAPA 01 – QUESTÃO 01

Figura 25 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 01.



Fonte: Autor.

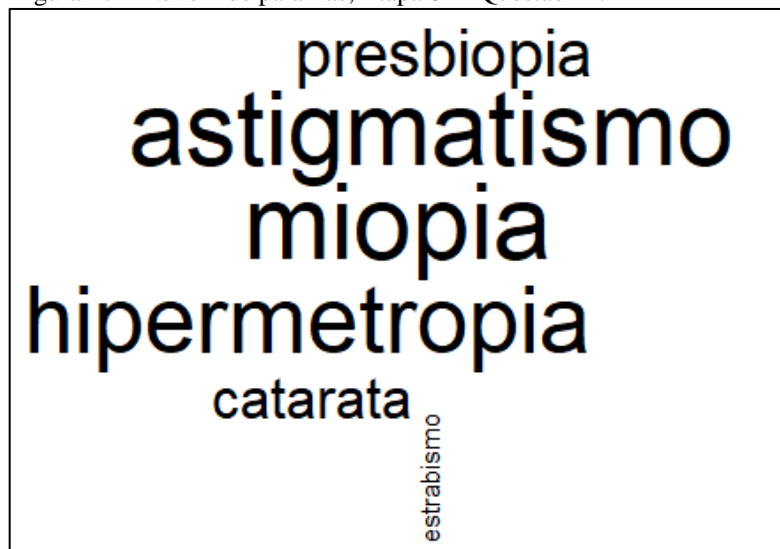
Figura 26 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 01.



Fonte: Autor.

ETAPA 02 – QUESTÃO 11

Figura 27 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 11.



Fonte: Autor.

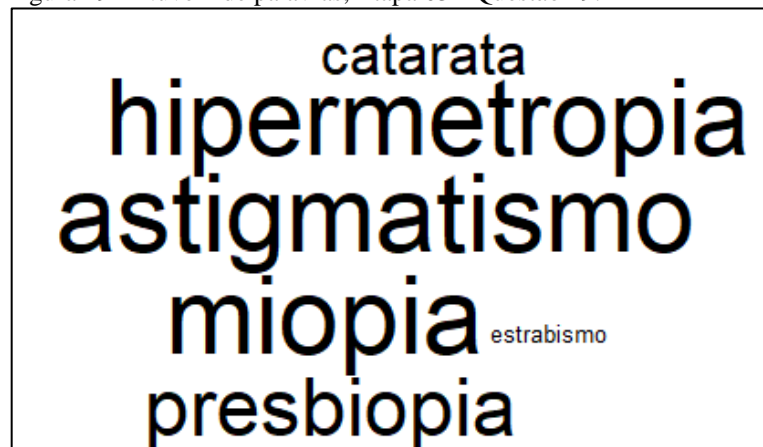
Figura 28 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 11.



Fonte: Autor.

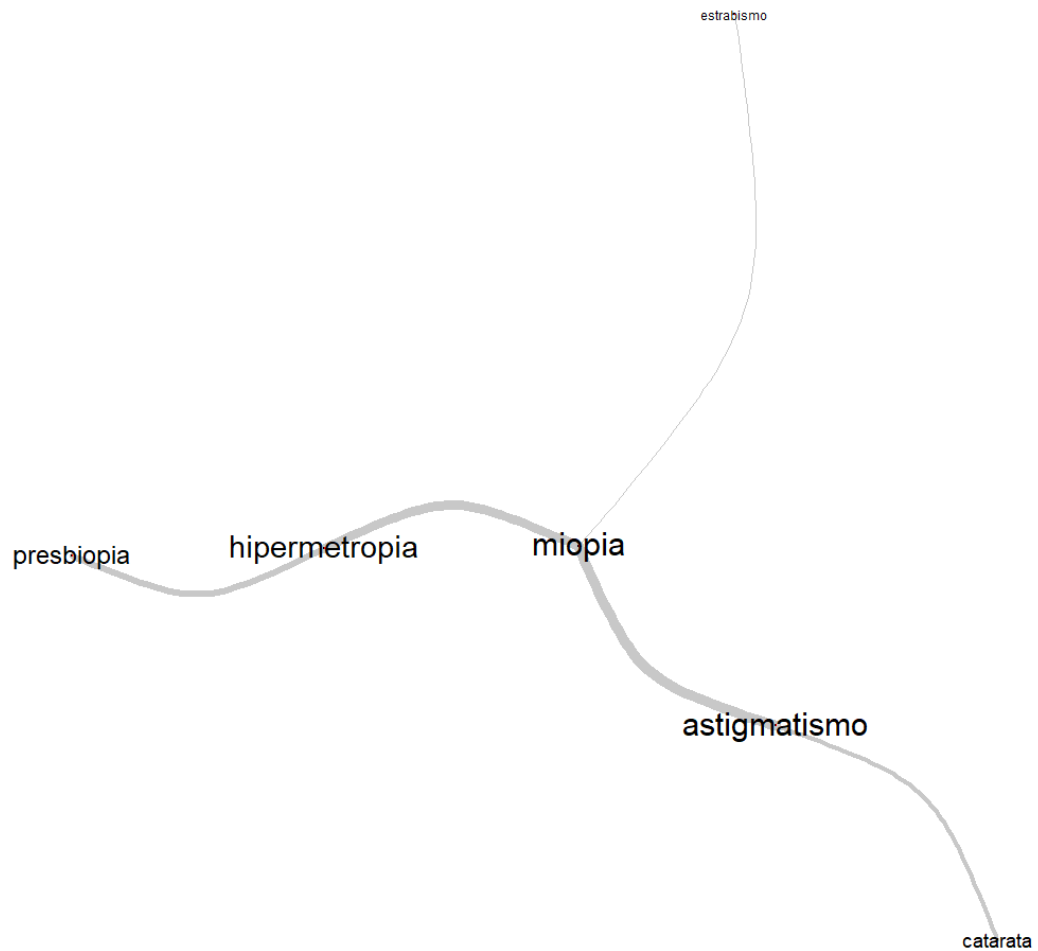
ETAPA 03 – QUESTÃO 29

Figura 29 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 29.



Fonte: Autor.

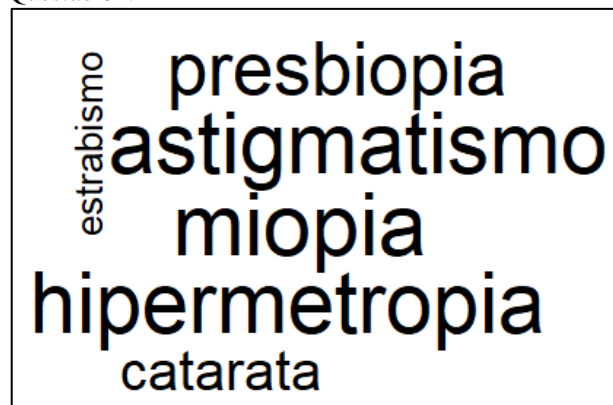
Figura 30 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 29.



Fonte: Autor.

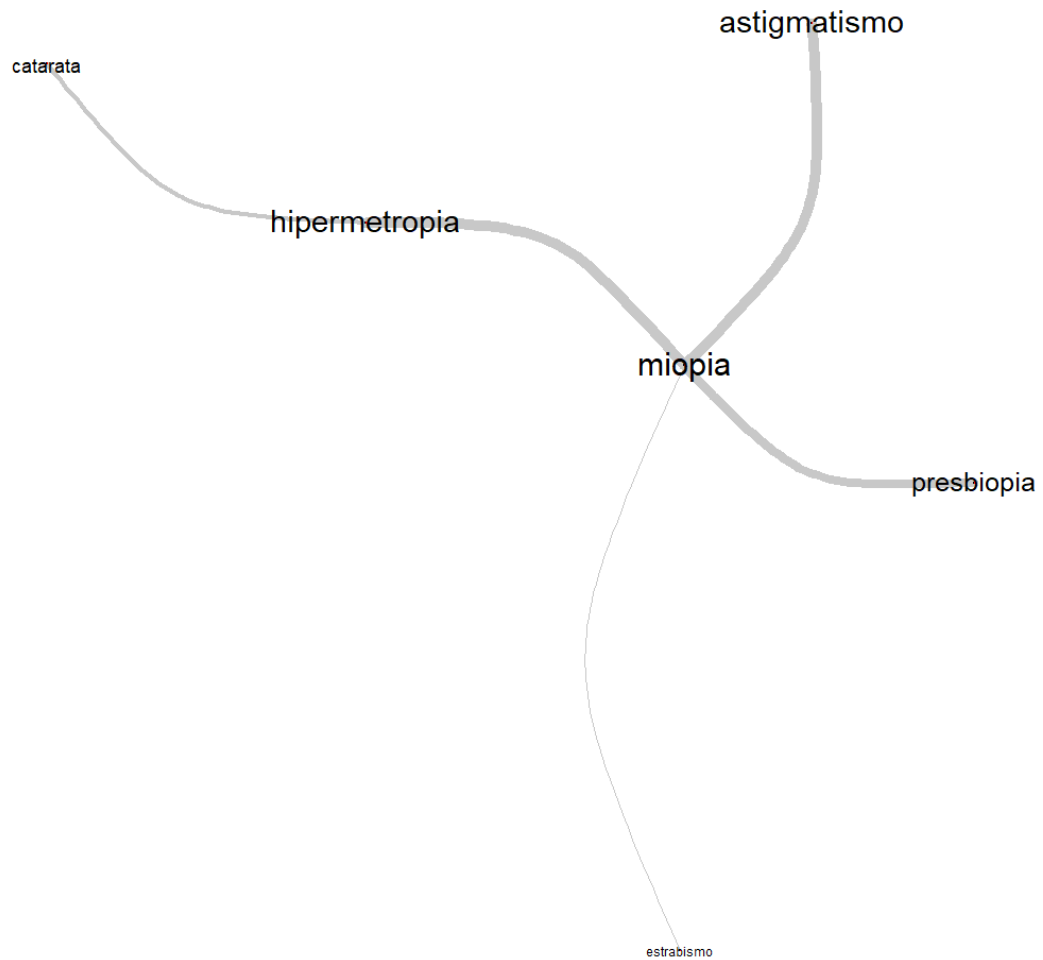
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 01

Figura 31 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 01.



Fonte: Autor.

Figura 32 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 01.



Fonte: Autor.

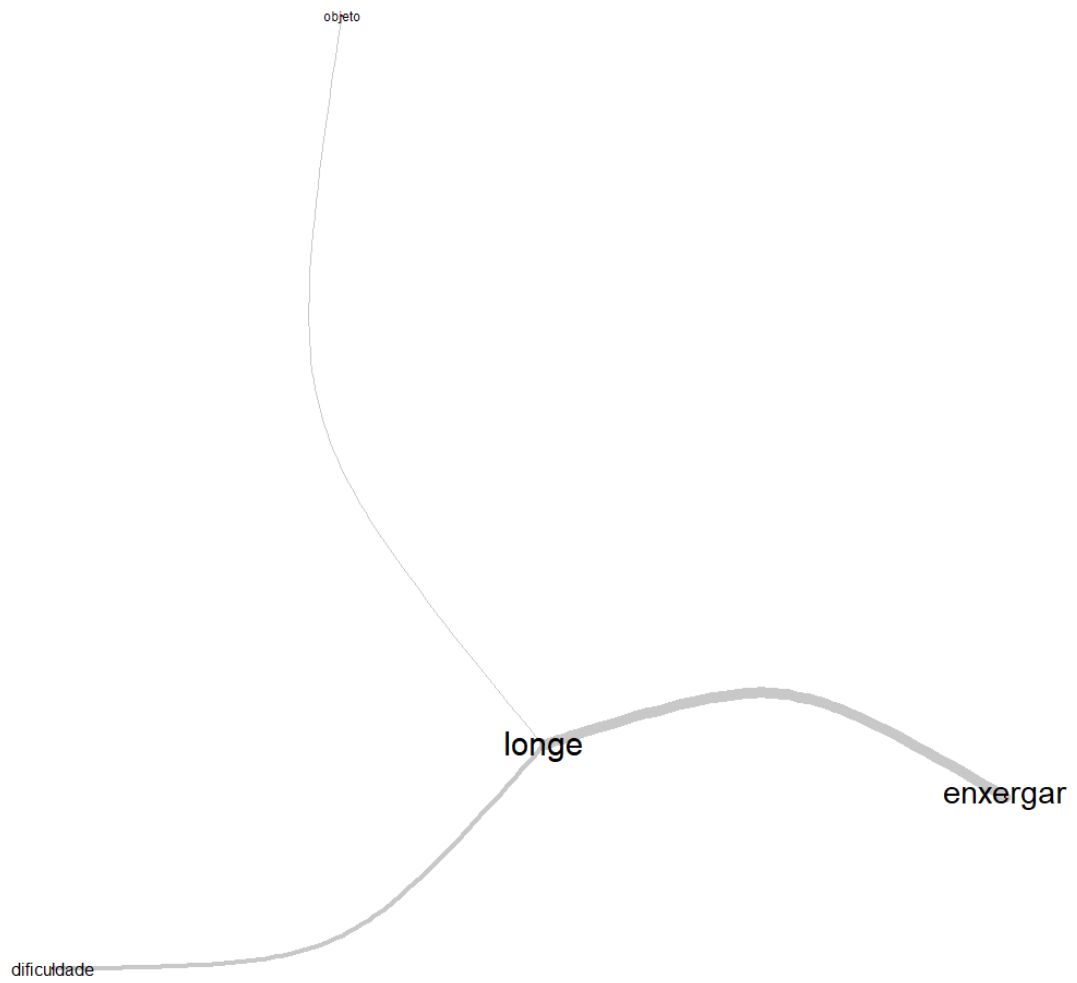
ETAPA 01 – QUESTÃO 02

Figura 33 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 02.



Fonte: Autor.

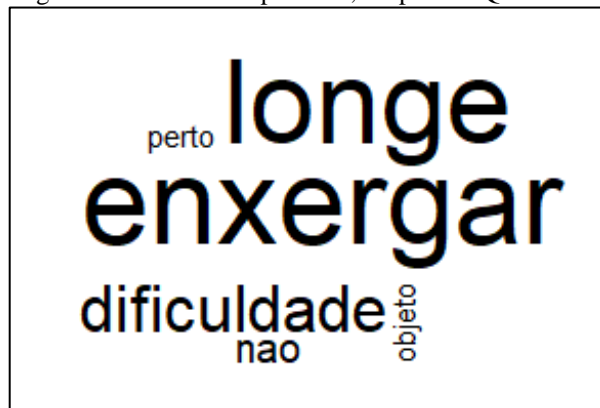
Figura 34 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 02.



Fonte: Autor.

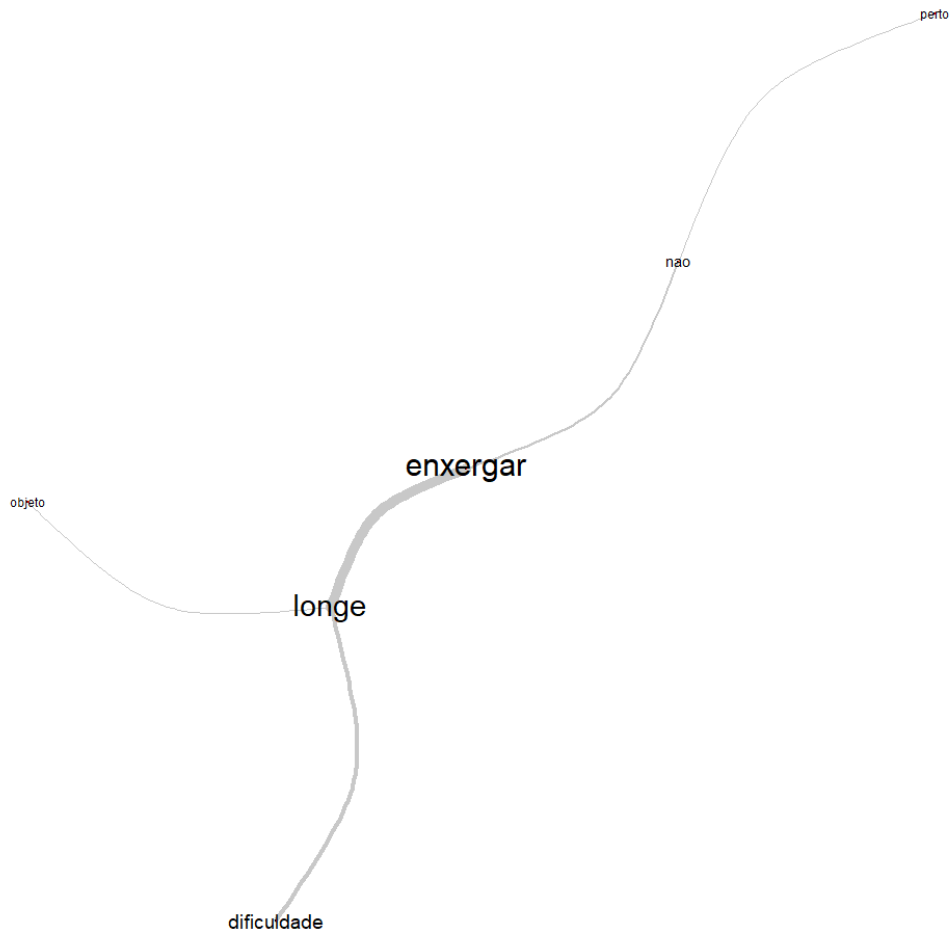
ETAPA 03 – QUESTÃO 30

Figura 35 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 30.



Fonte: Autor.

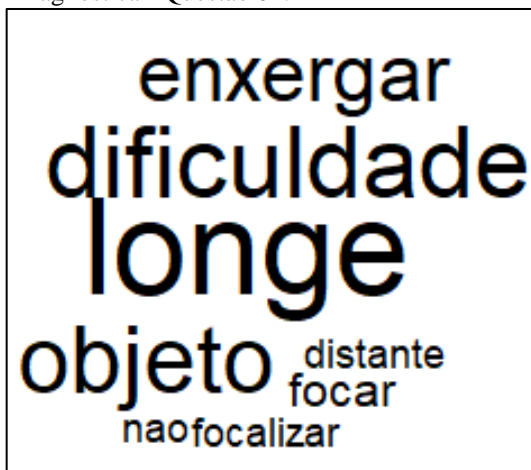
Figura 36 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 30.



Fonte: Autor.

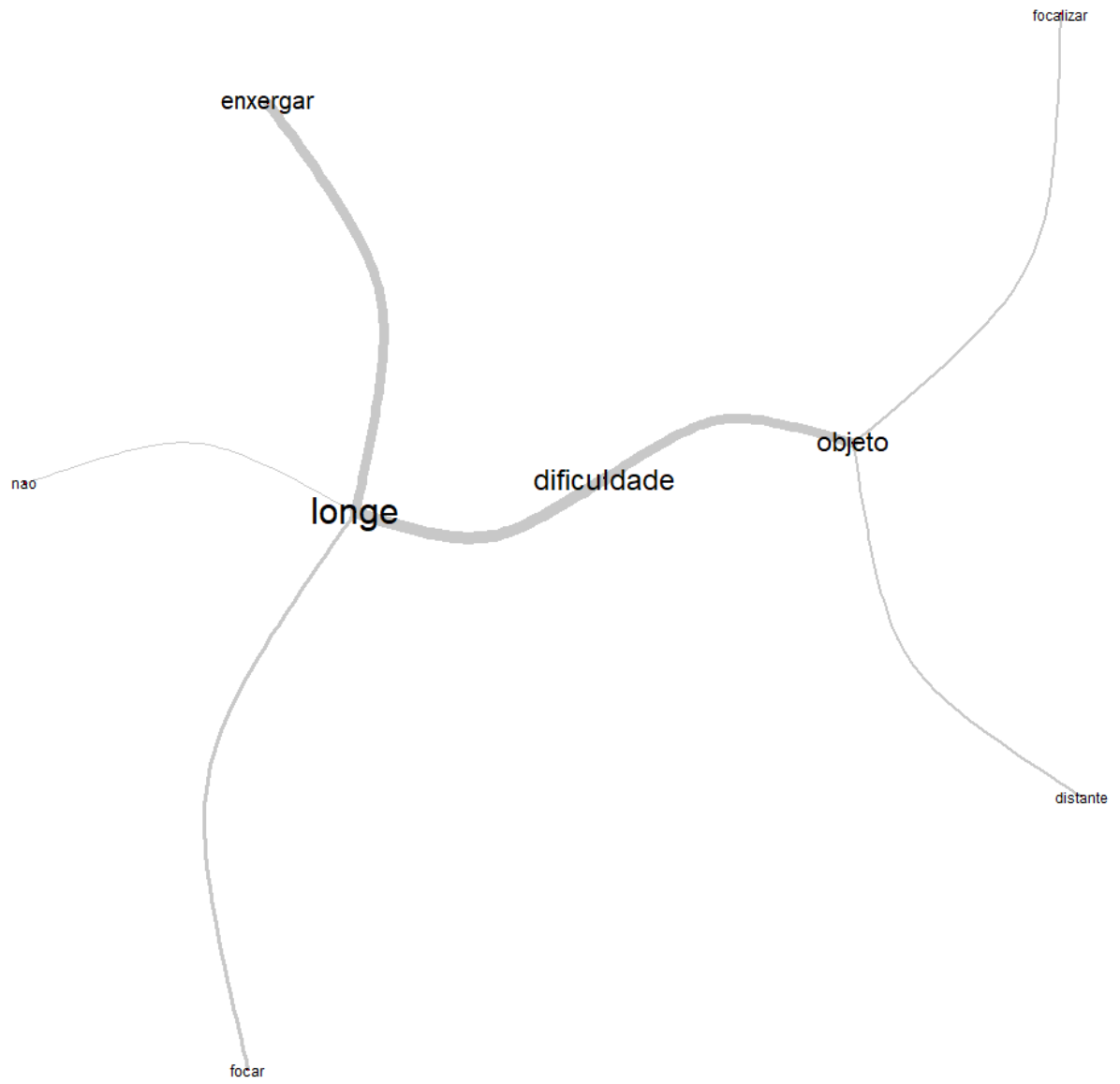
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 02

Figura 37 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 02.



Fonte: Autor.

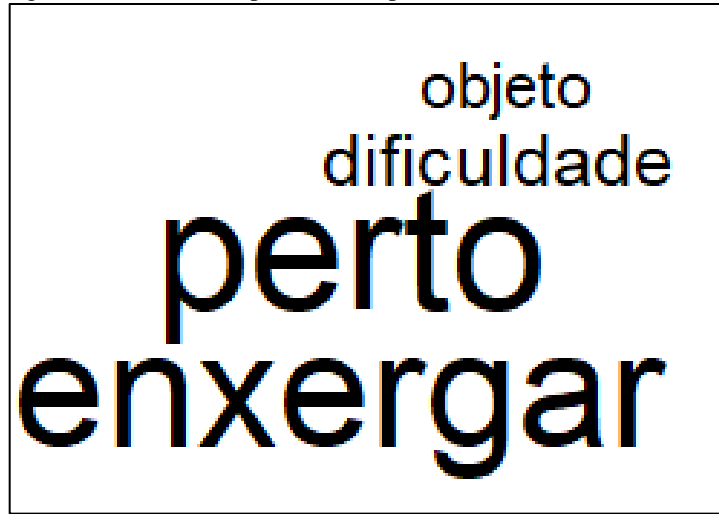
Figura 38 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 02.



Fonte: Autor.

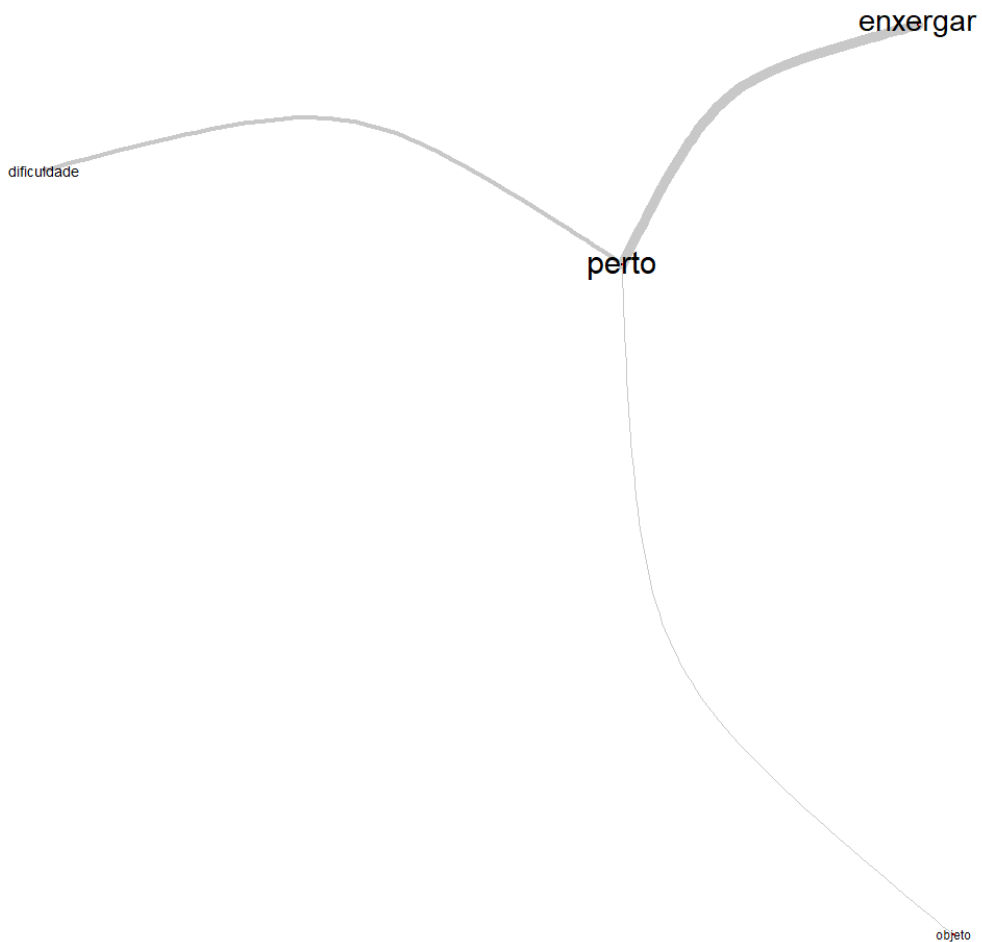
ETAPA 01 – QUESTÃO 03

Figura 39 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 03.



Fonte: Autor.

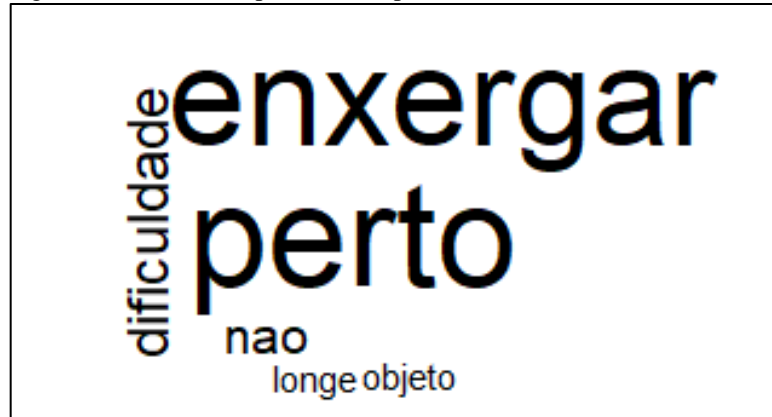
Figura 40 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 03.



Fonte: Autor.

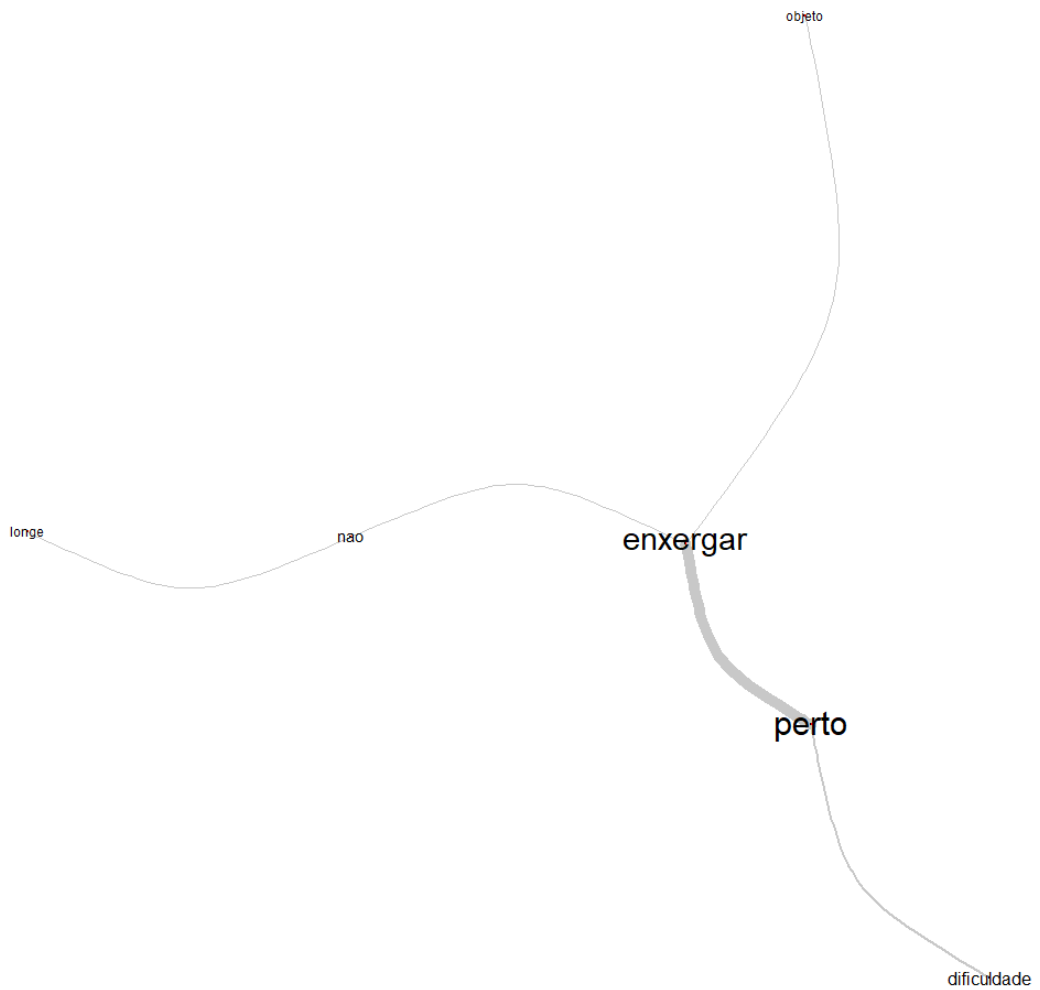
ETAPA 03 – QUESTÃO 31

Figura 41 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 31.



Fonte: Autor.

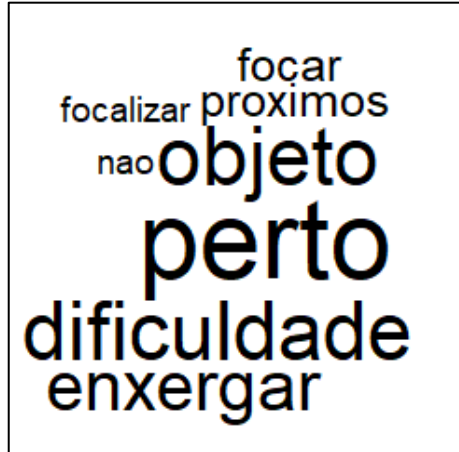
Figura 42 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 31.



Fonte: Autor.

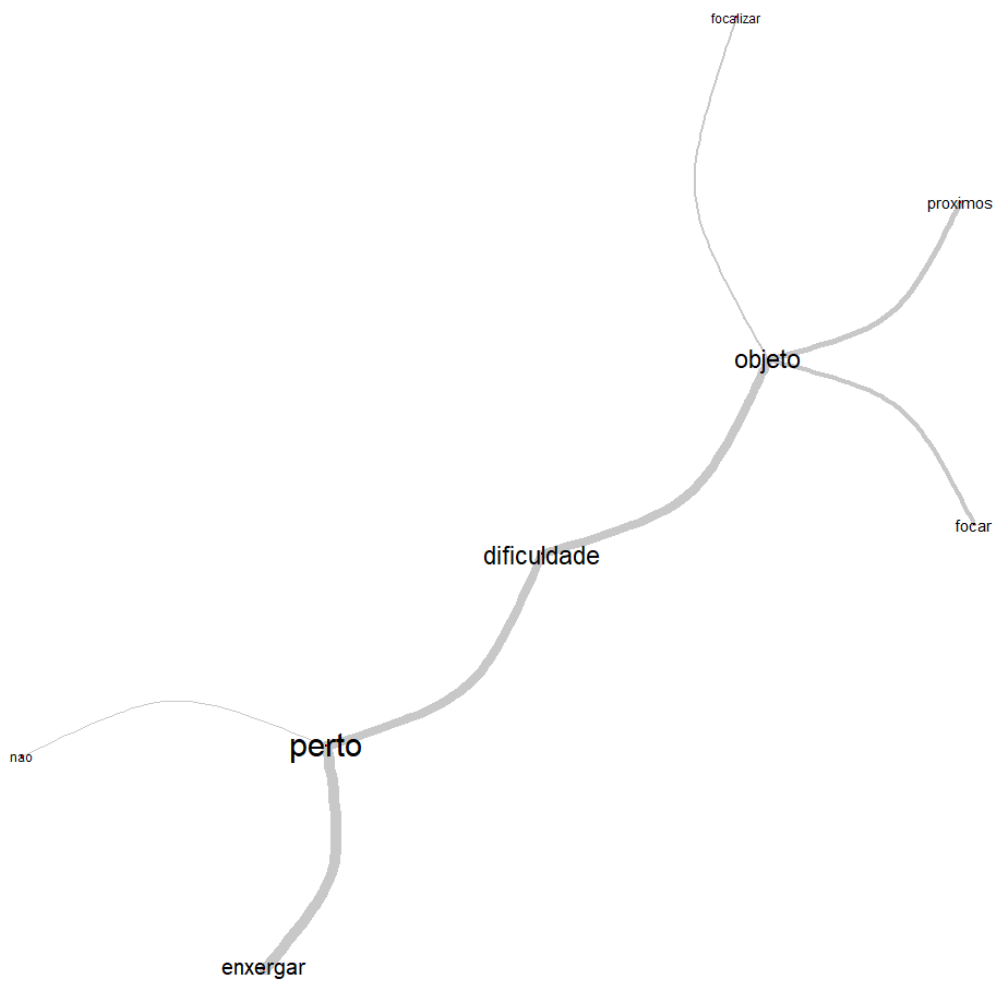
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 03

Figura 43 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 03.



Fonte: Autor.

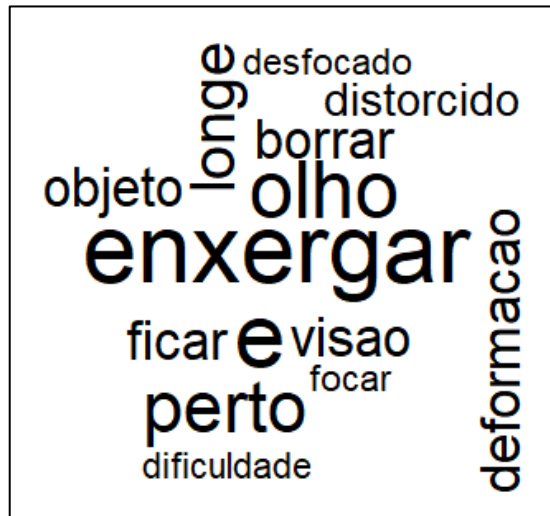
Figura 44 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 03.



Fonte: Autor.

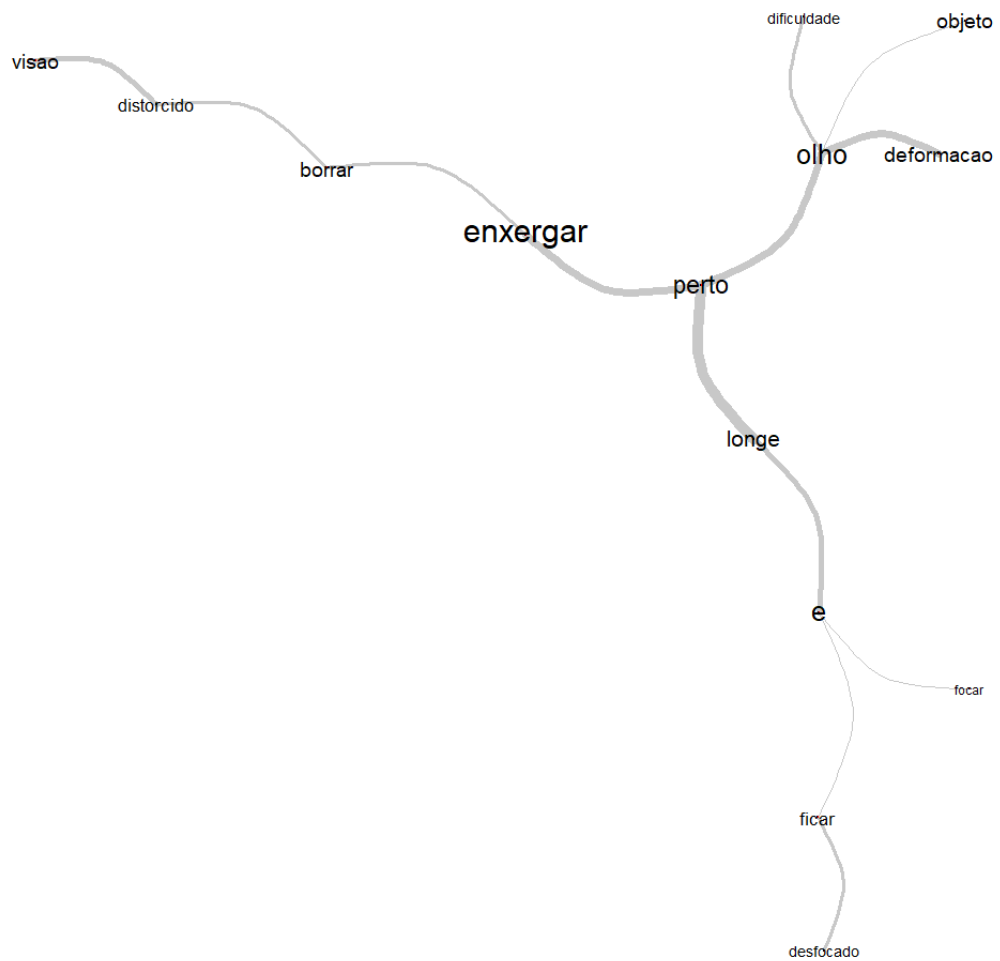
ETAPA 01 – QUESTÃO 04

Figura 45 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 04.



Fonte: Autor.

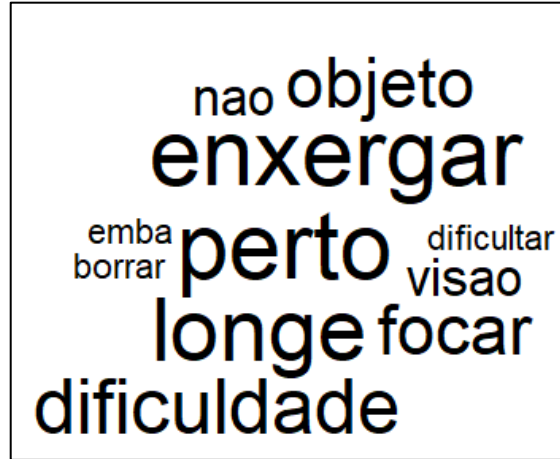
Figura 46 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 04.



Fonte: Autor.

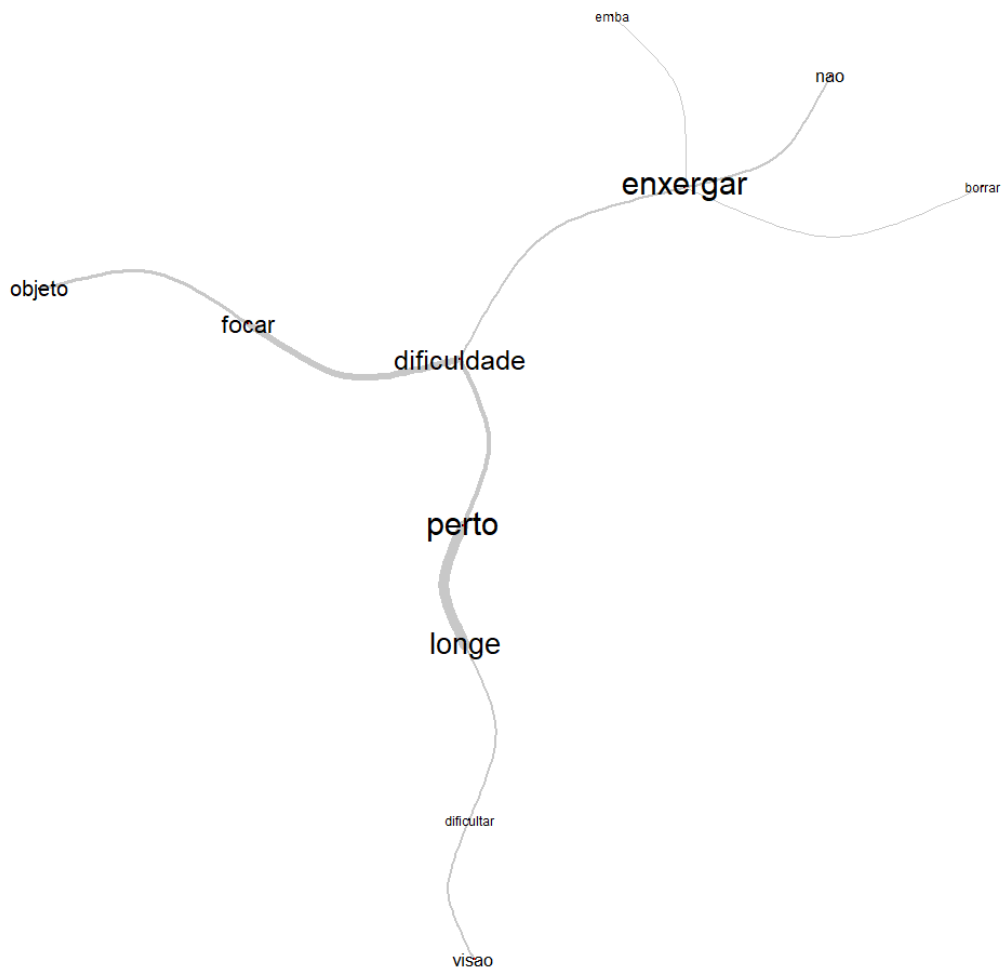
ETAPA 03 – QUESTÃO 32

Figura 47 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 32.



Fonte: Autor.

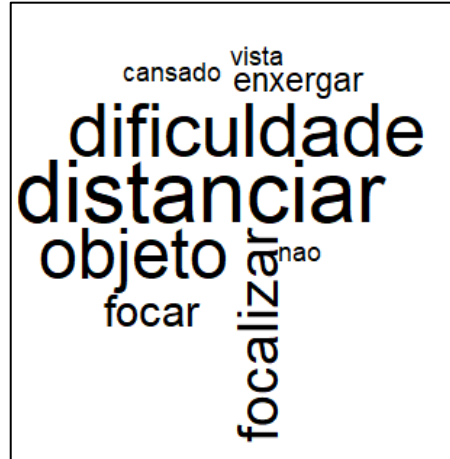
Figura 48 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 32.



Fonte: Autor.

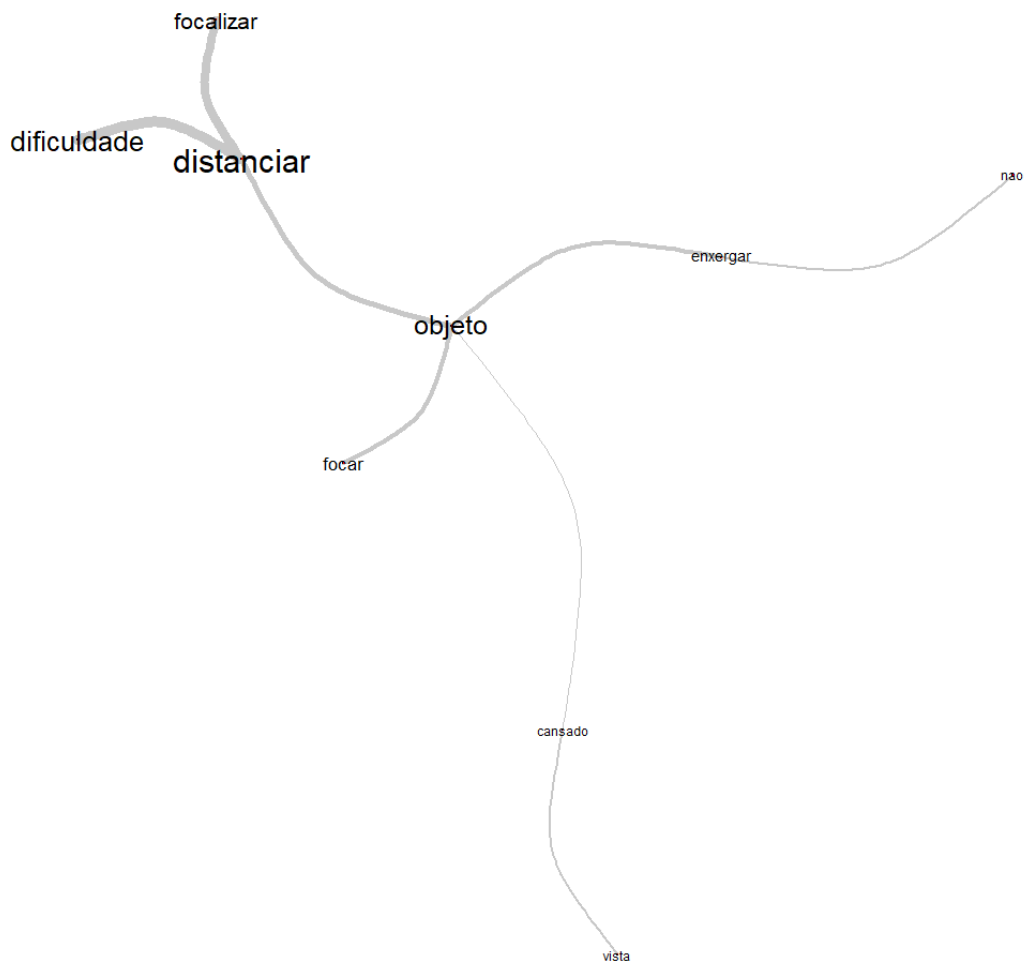
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 04

Figura 49 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 04.



Fonte: Autor.

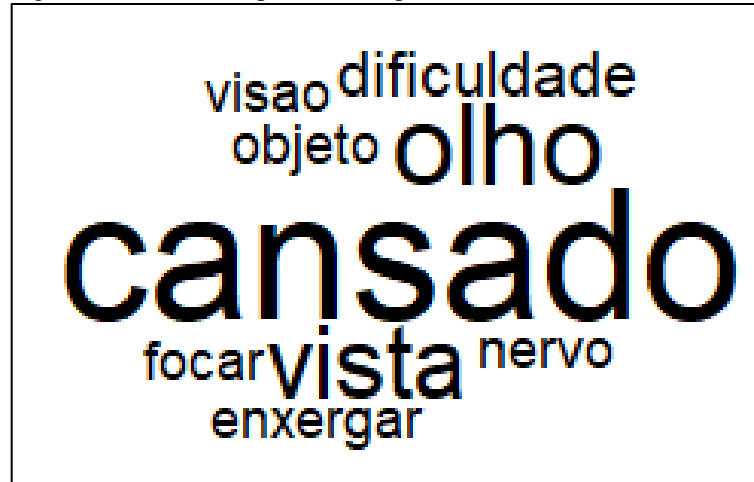
Figura 50 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 04.



Fonte: Autor.

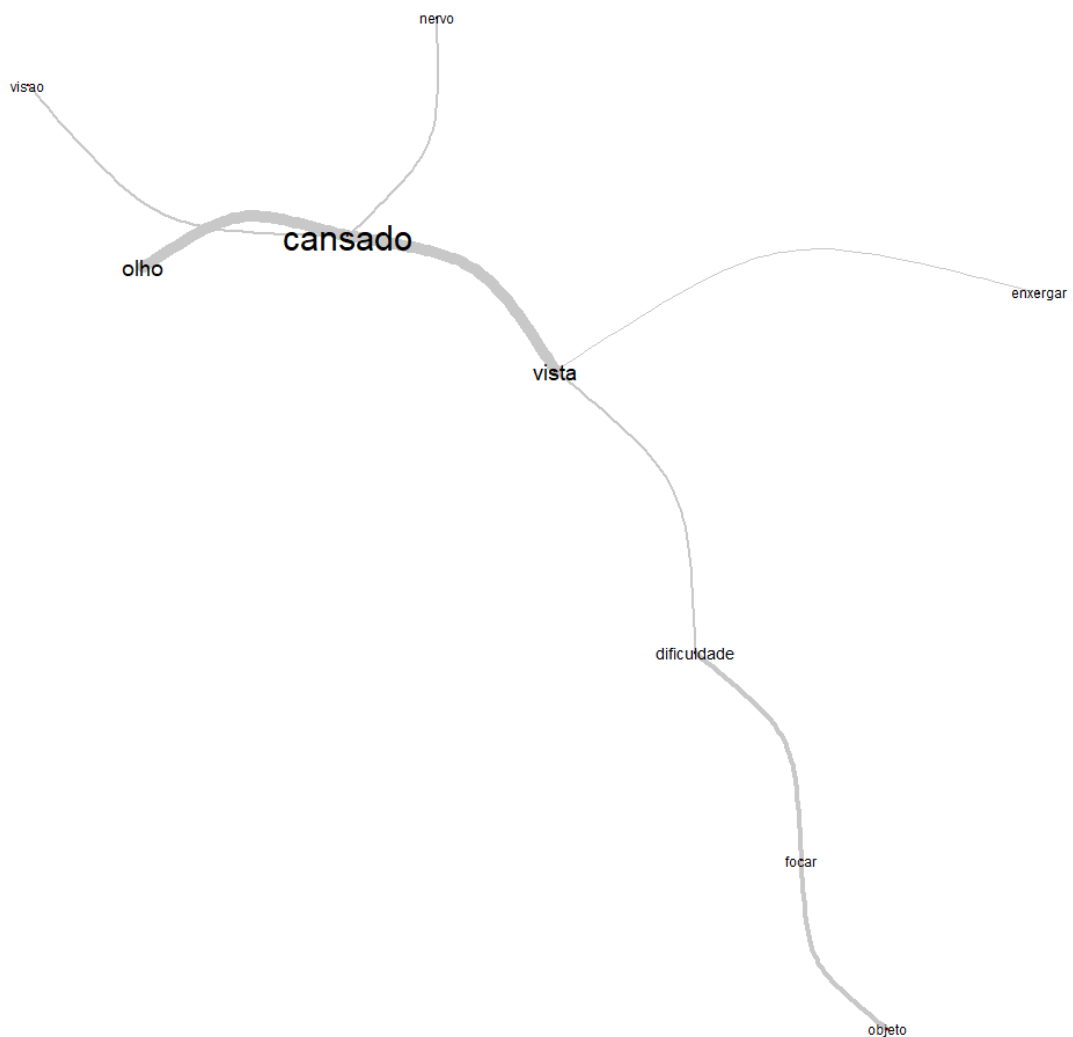
ETAPA 01 – QUESTÃO 05

Figura 51 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 05.



Fonte: Autor.

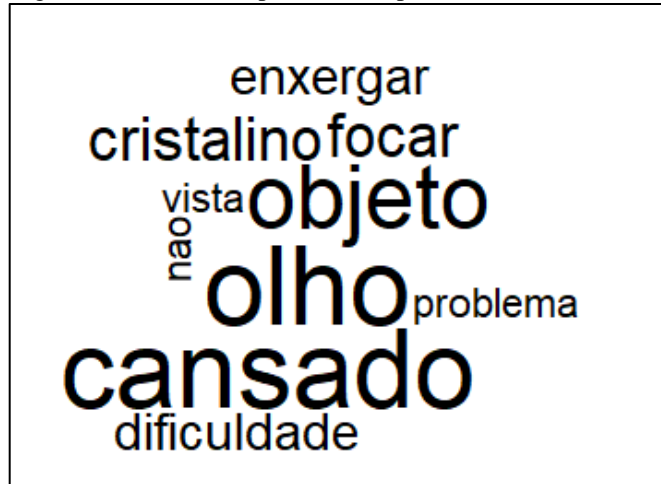
Figura 52 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 05.



Fonte: Autor.

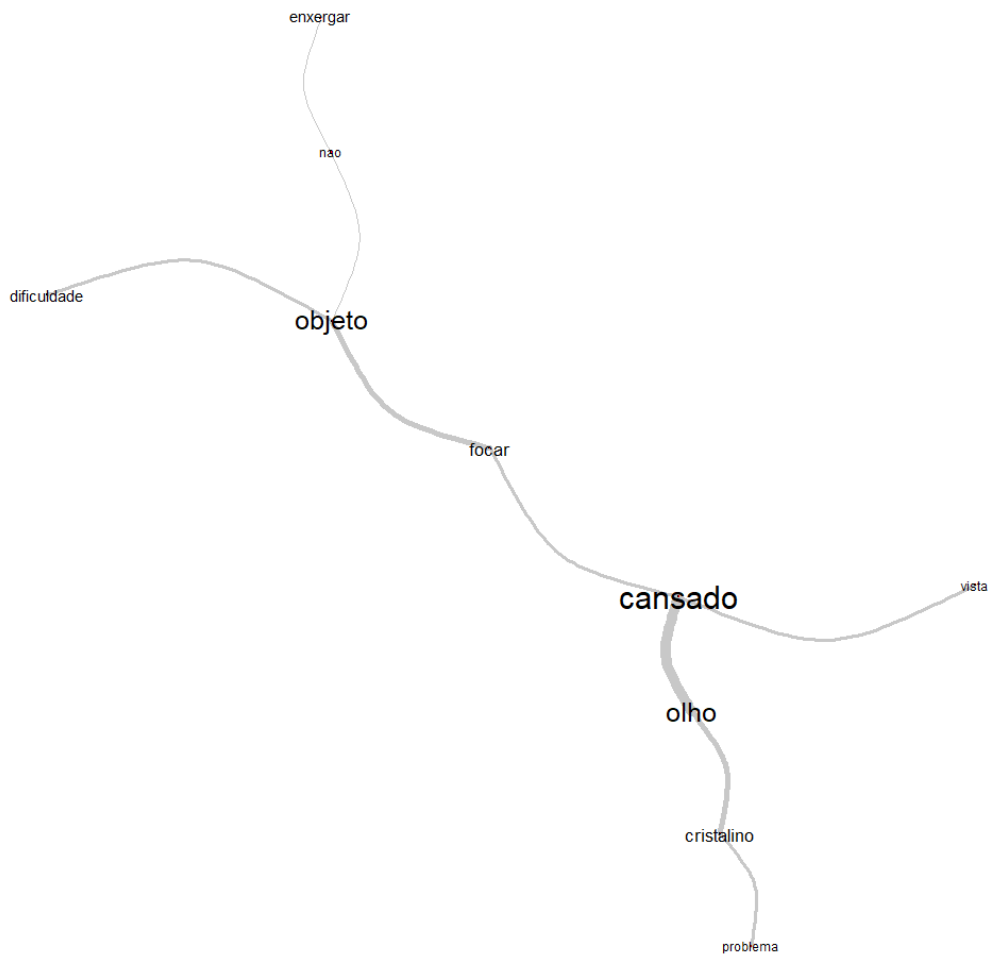
ETAPA 03 – QUESTÃO 33

Figura 53 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 33.



Fonte: Autor.

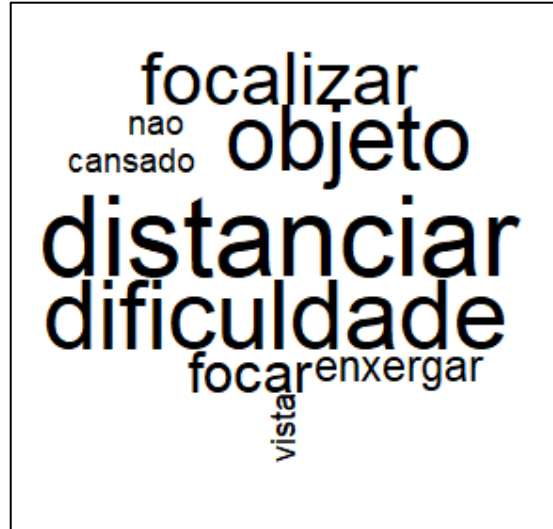
Figura 54 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 33.



Fonte: Autor.

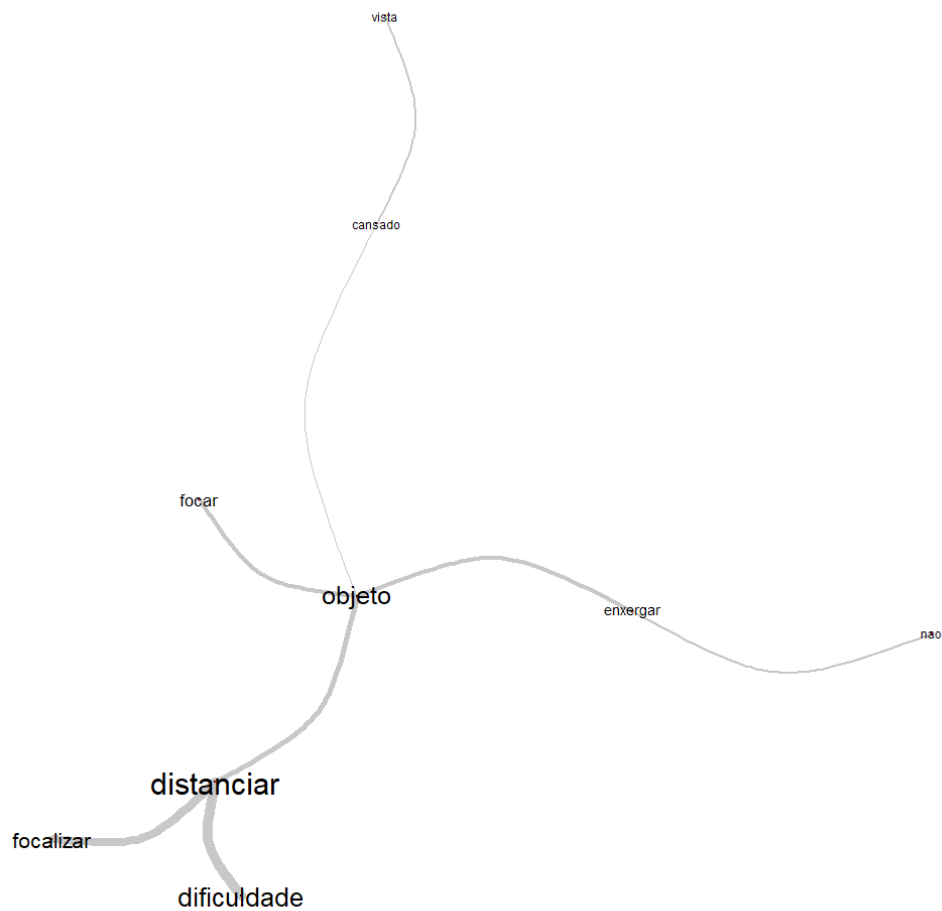
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 05

Figura 55 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 05.



Fonte: Autor.

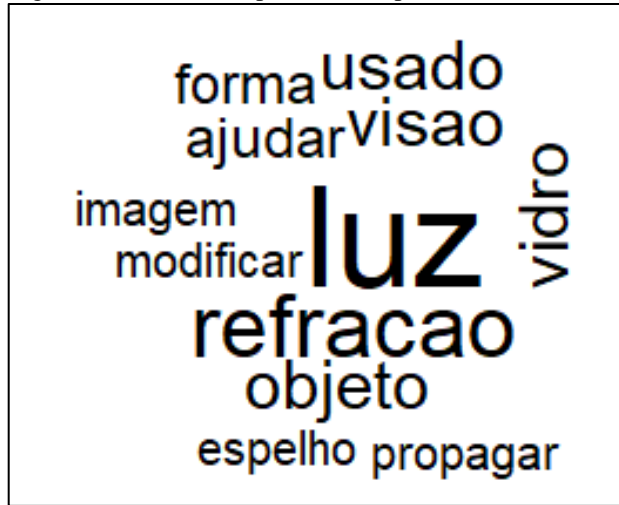
Figura 56 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 05.



Fonte: Autor.

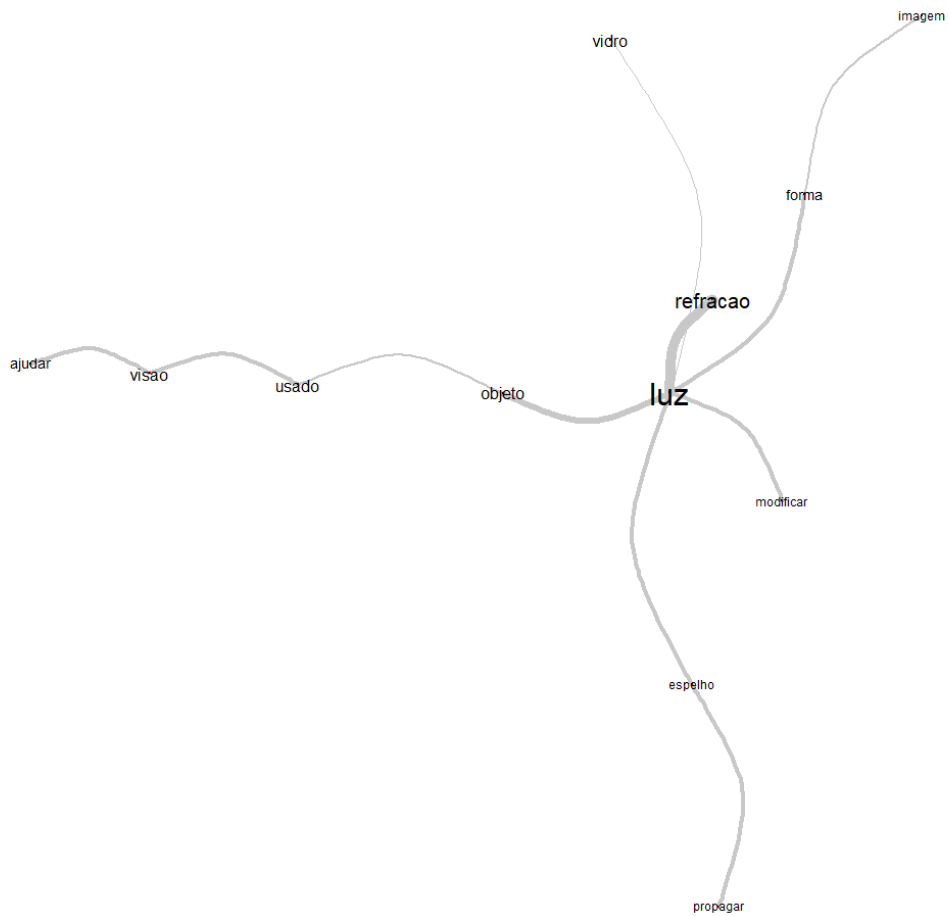
ETAPA 01 – QUESTÃO 06

Figura 57 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 06.



Fonte: Autor.

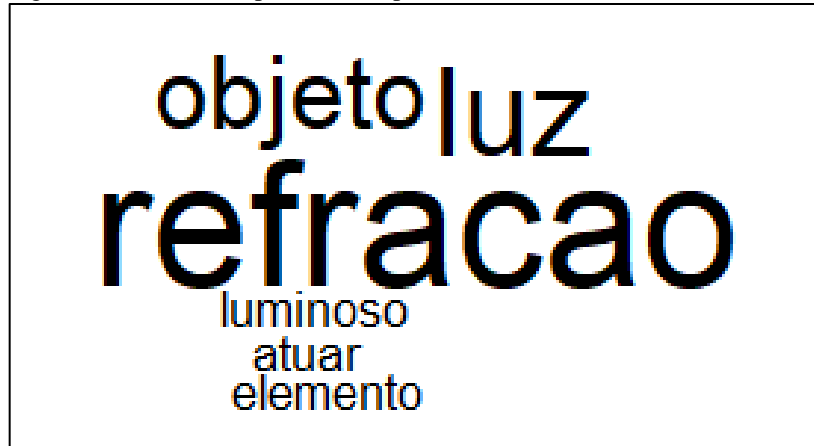
Figura 58 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 06.



Fonte: Autor.

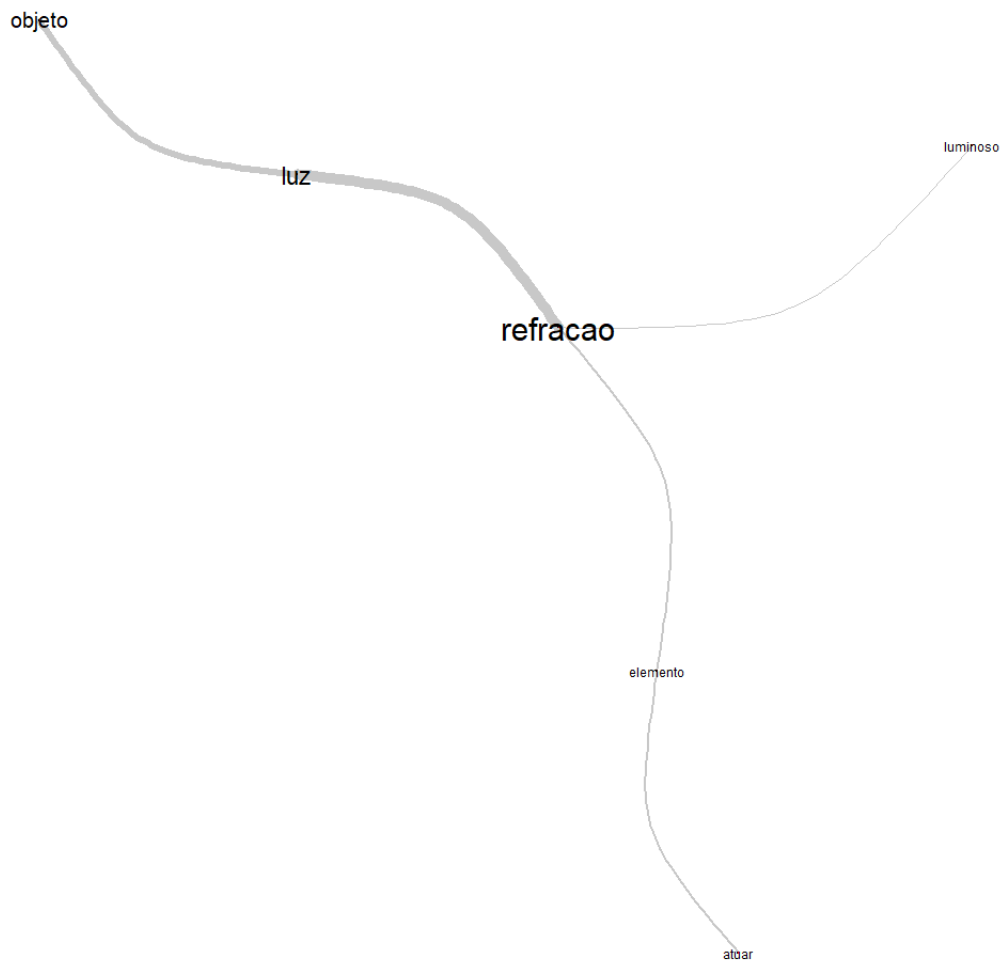
ETAPA 03 – QUESTÃO 34

Figura 59 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 34.



Fonte: Autor.

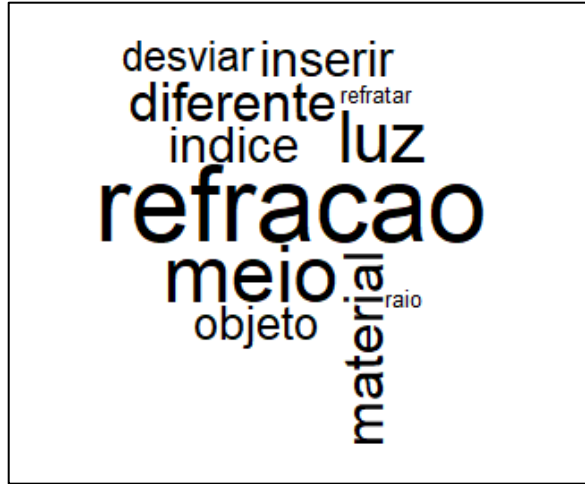
Figura 60 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 34.



Fonte: Autor.

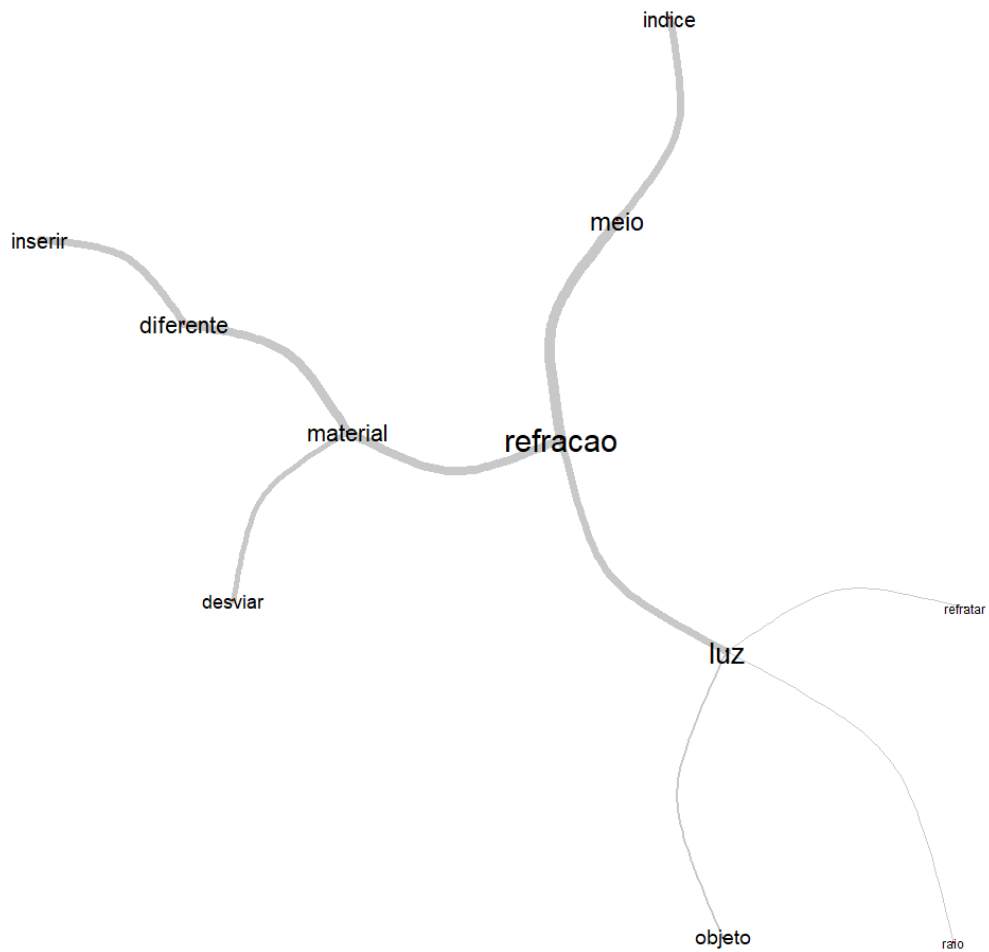
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 06

Figura 61 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 06.



Fonte: Autor.

Figura 62 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 06.



Fonte: Autor.

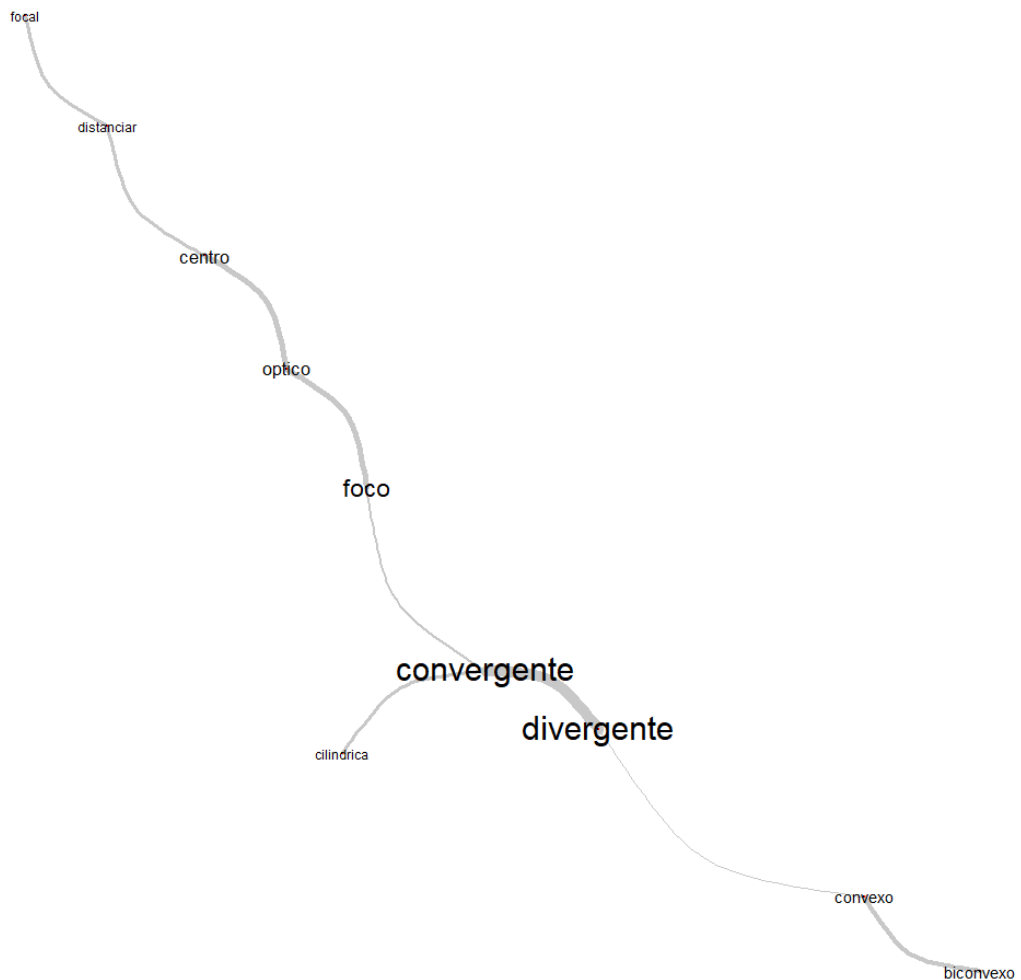
ETAPA 01 – QUESTÃO 07

Figura 63 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 07.



Fonte: Autor.

Figura 64 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 07.



Fonte: Autor.

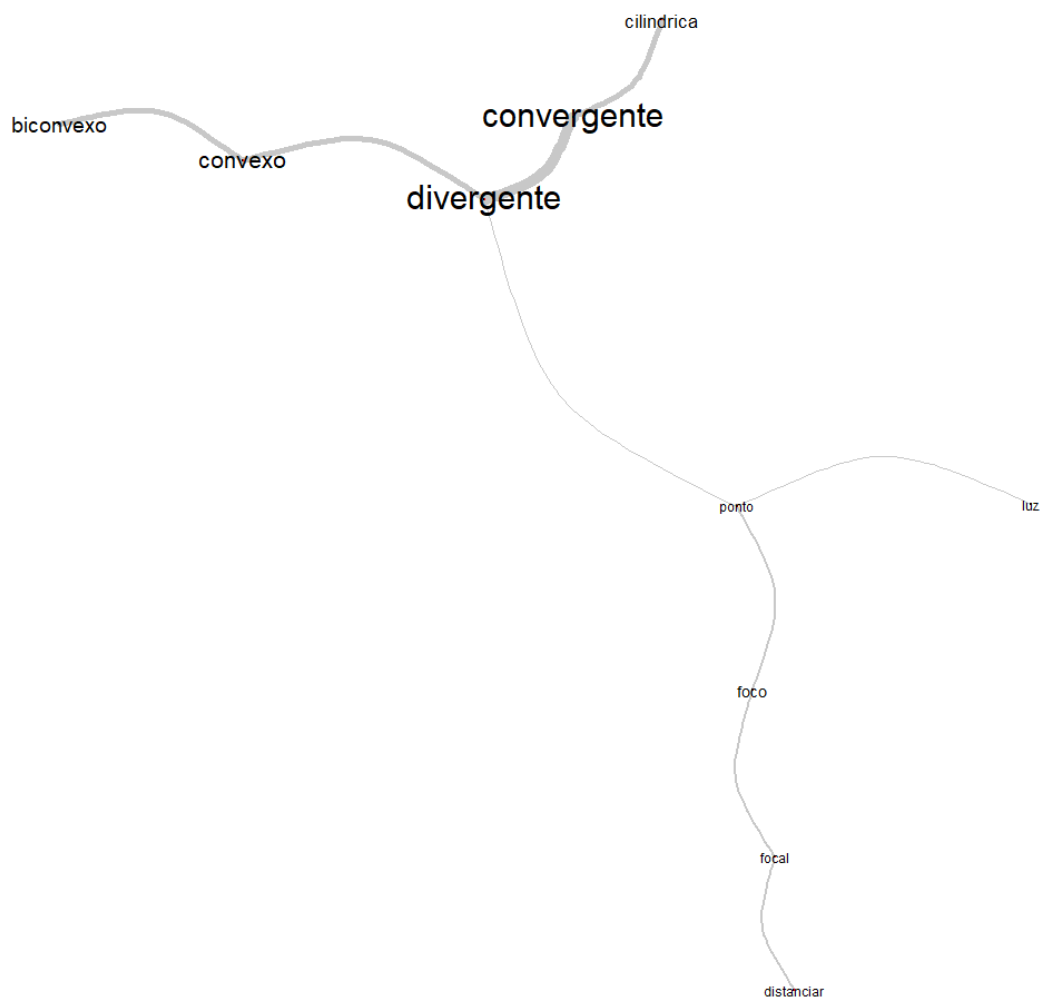
ETAPA 02 – QUESTÃO 17

Figura 65 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 17.



Fonte: Autor.

Figura 66 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 17.



Fonte: Autor.

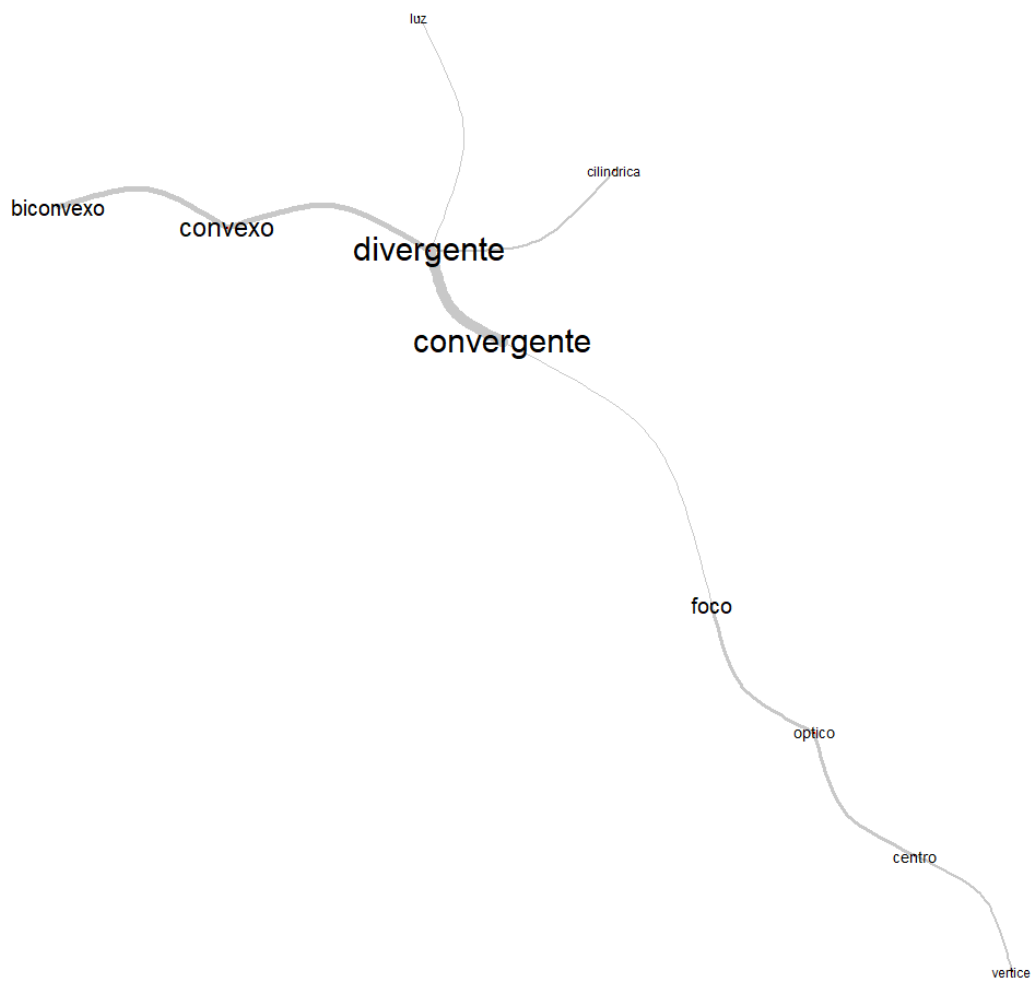
ETAPA 03 – QUESTÃO 35

Figura 67 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 35.



Fonte: Autor.

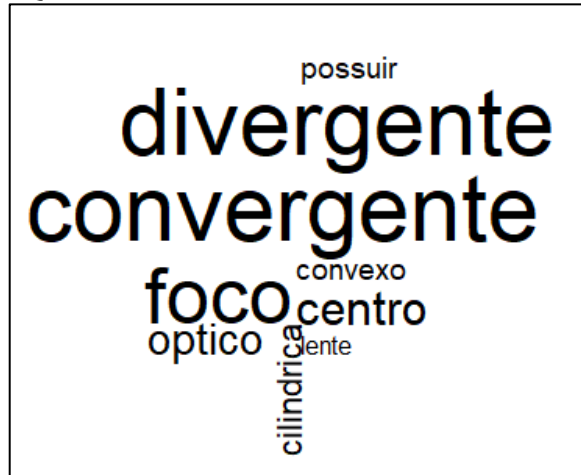
Figura 68 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 35.



Fonte: Autor.

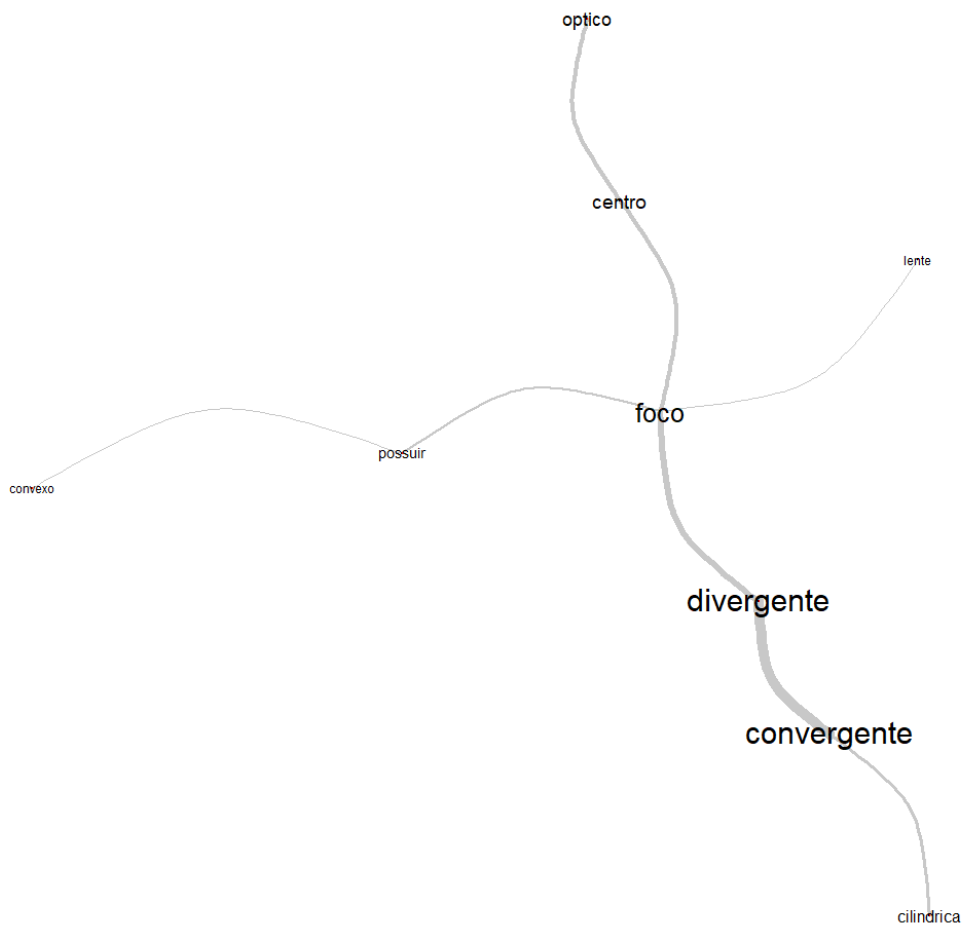
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 07

Figura 69 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 07.



Fonte: Autor.

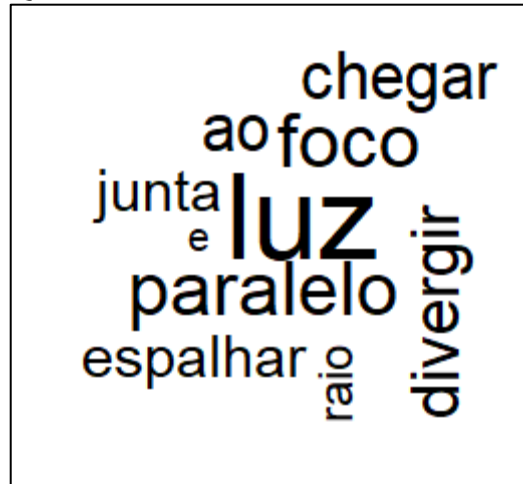
Figura 70 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 07.



Fonte: Autor.

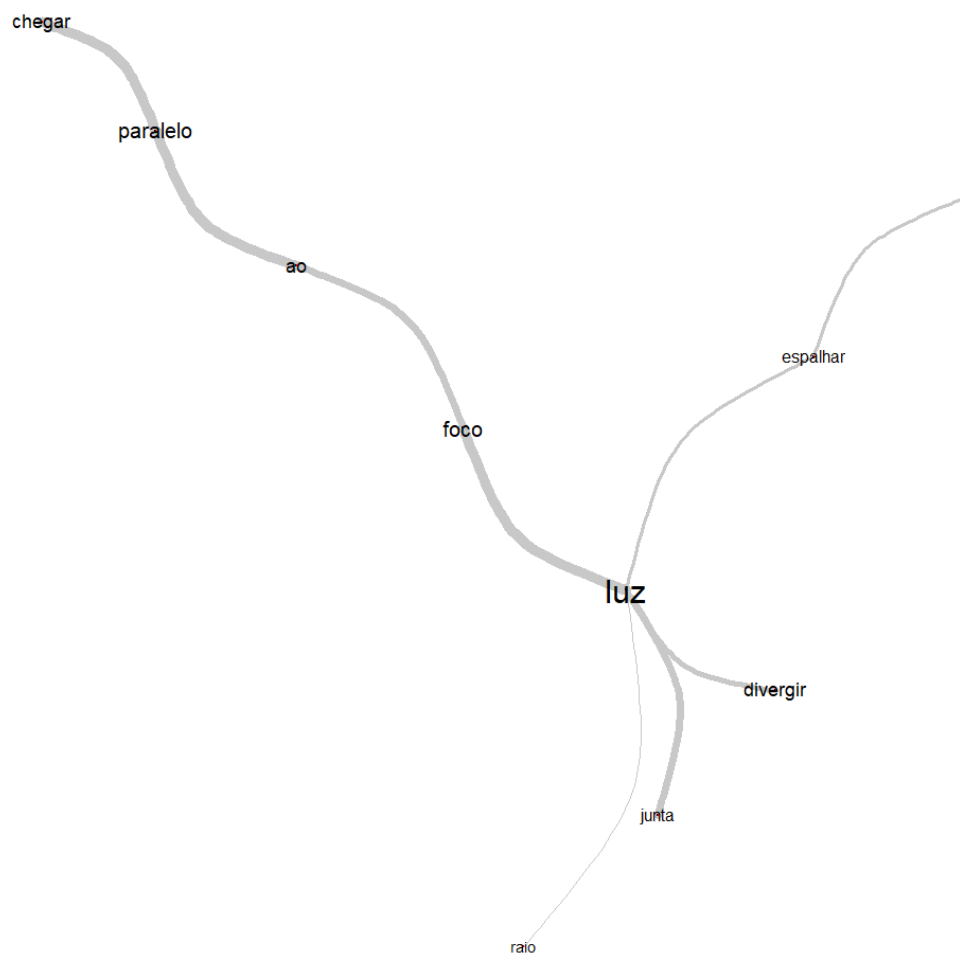
ETAPA 01 – QUESTÃO 08

Figura 71 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 08.



Fonte: Autor.

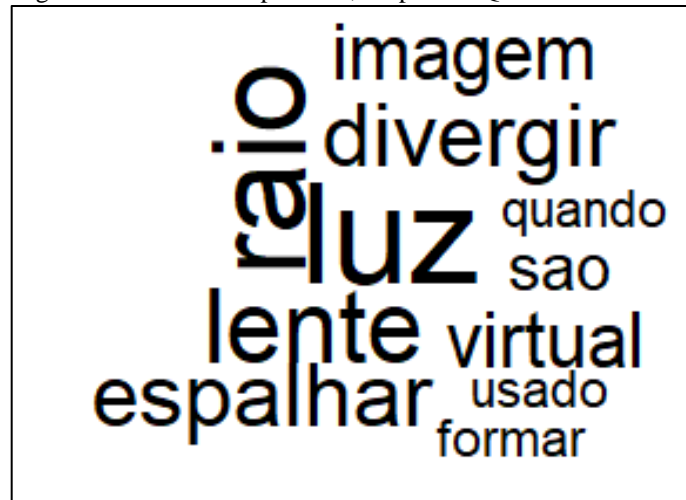
Figura 72 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 08.



Fonte: Autor.

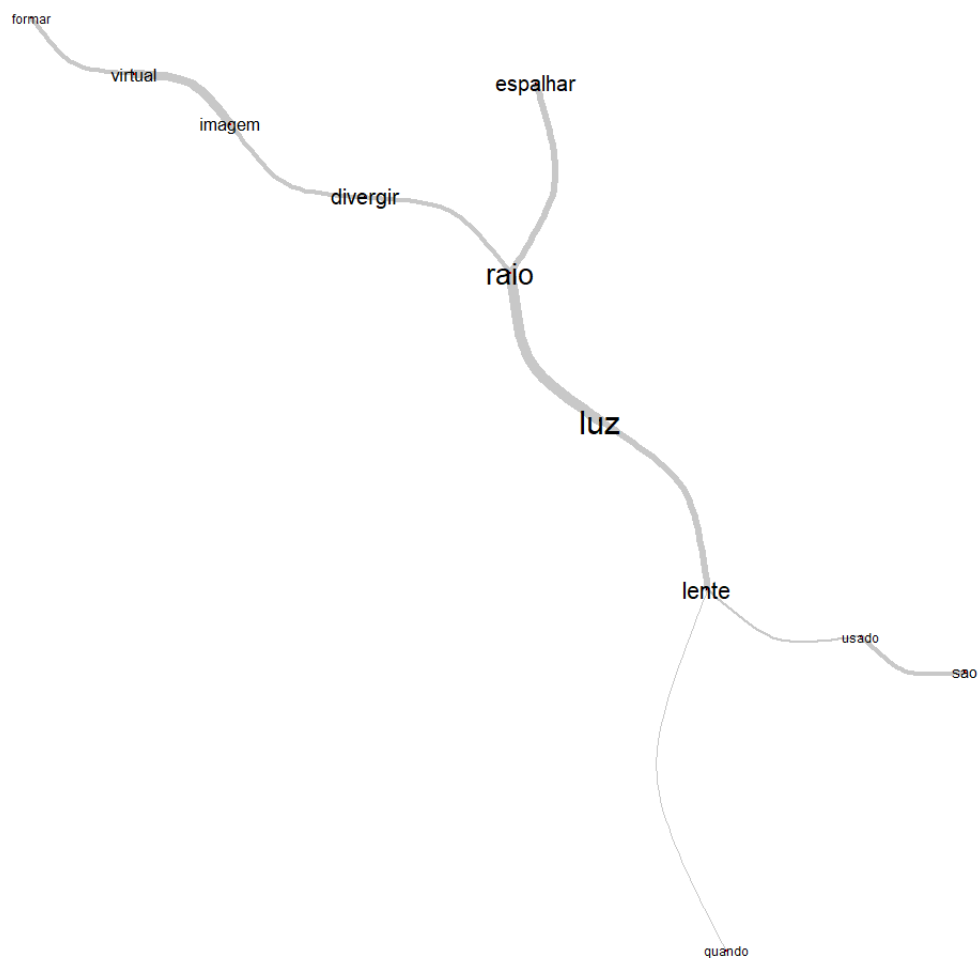
ETAPA 03 – QUESTÃO 36

Figura 73 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 36.



Fonte: Autor.

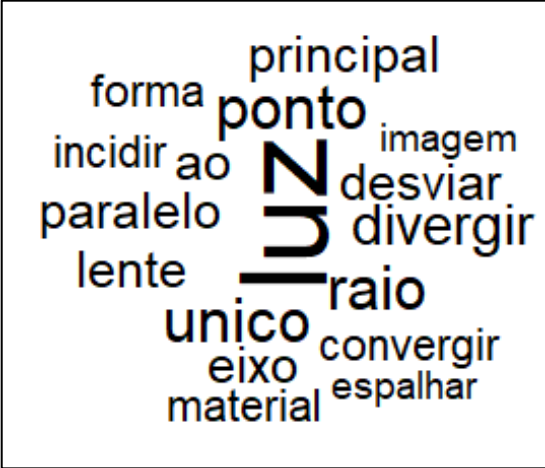
Figura 74 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 36.



Fonte: Autor.

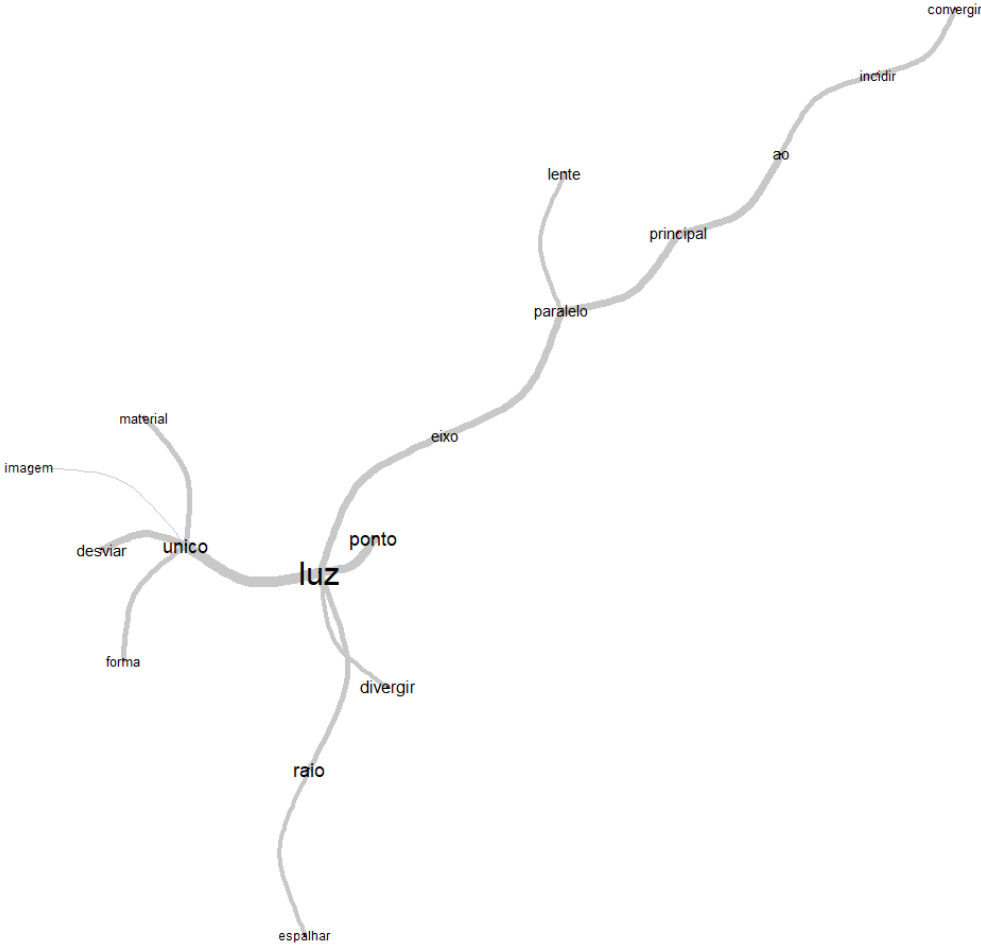
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 08

Figura 75 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 08.



Fonte: Autor.

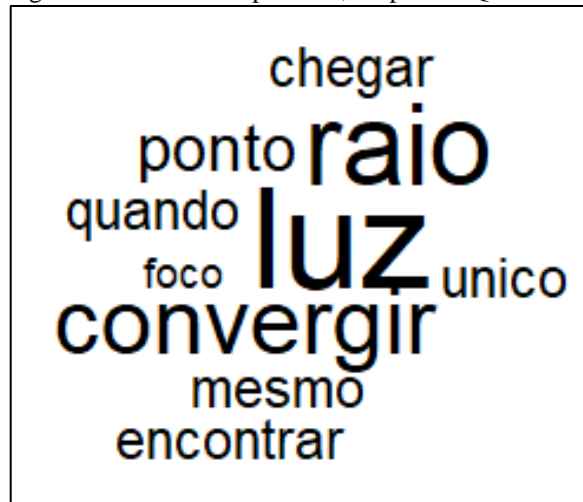
Figura 76 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 08.



Fonte: Autor.

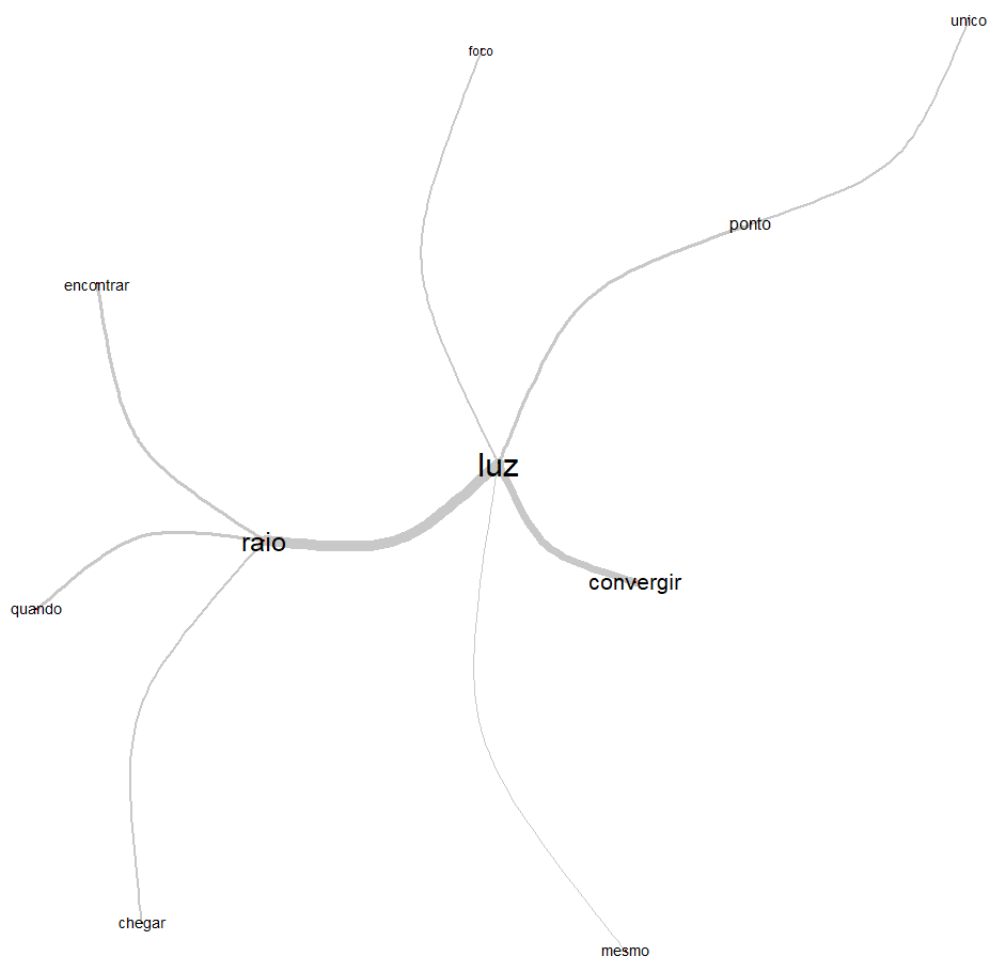
ETAPA 01 – QUESTÃO 09

Figura 77 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 09.



Fonte: Autor.

Figura 78 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 09.



Fonte: Autor.

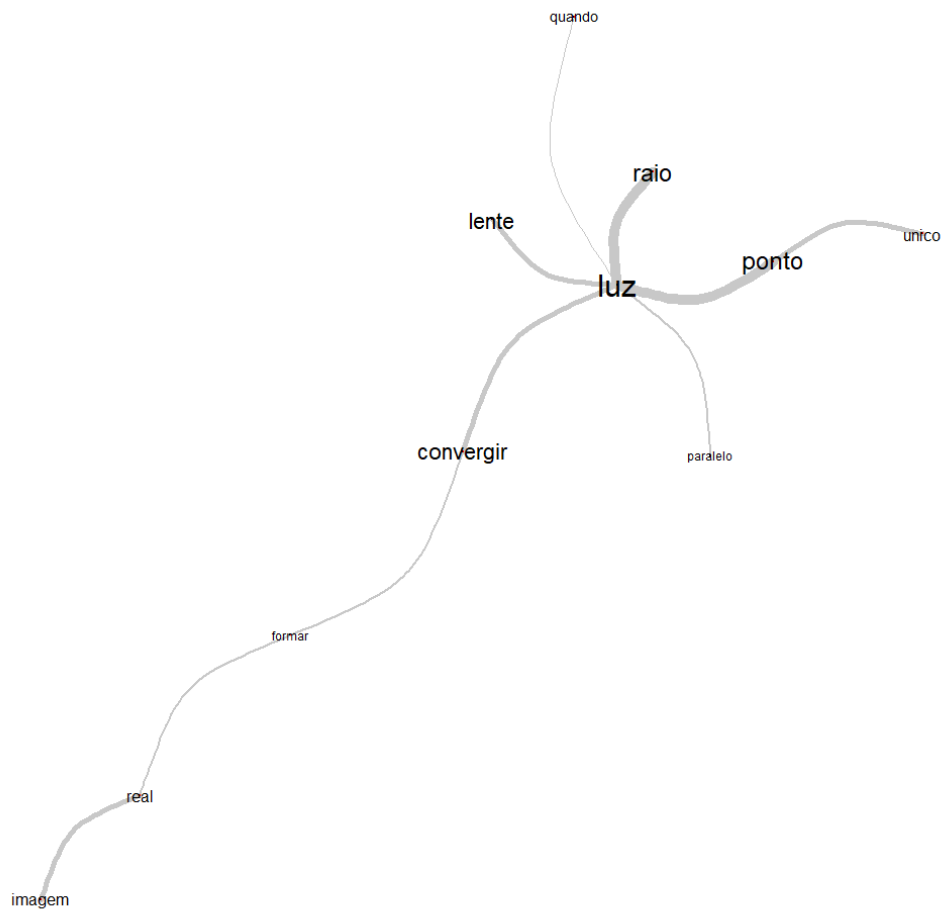
ETAPA 03 – QUESTÃO 37

Figura 79 – Nuvem de palavras; Etapa 03 - Questão 37.



Fonte: Autor.

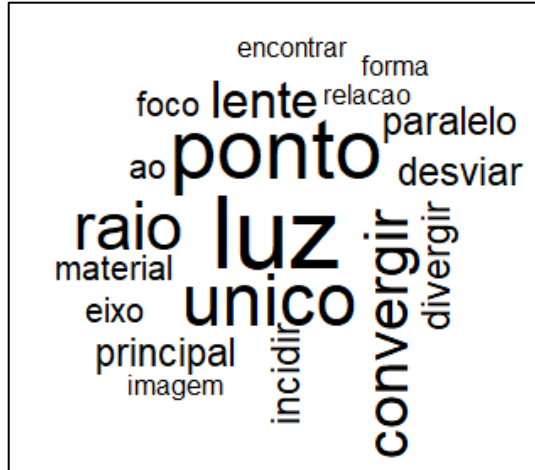
Figura 80 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 37



Fonte: Autor.

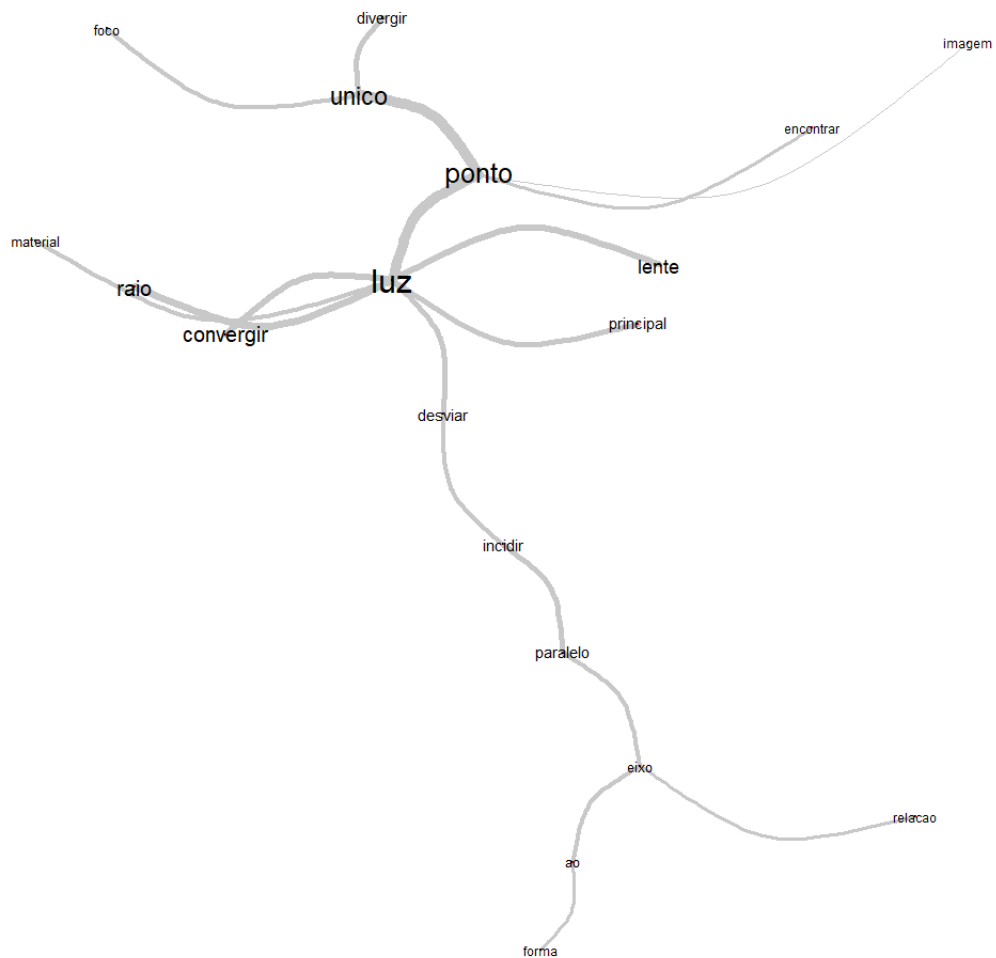
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 09

Figura 81 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 09.



Fonte: Autor.

Figura 82 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 09.



Fonte: Autor.

ETAPA 01 – QUESTÃO 10

Figura 83 – Nuvem de palavras; Etapa 01 - Questão 10.



Fonte: Autor.

Figura 84 – Rede de similitude; Etapa 01 - Questão 10.

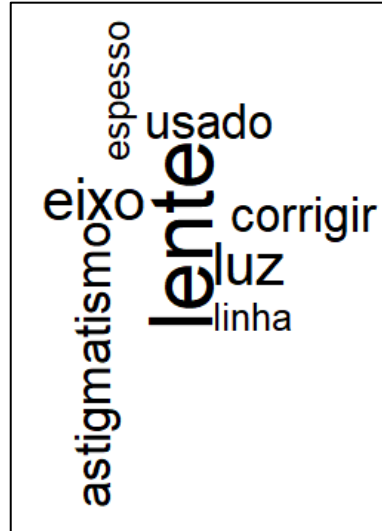
astigmatismo



Fonte: Autor.

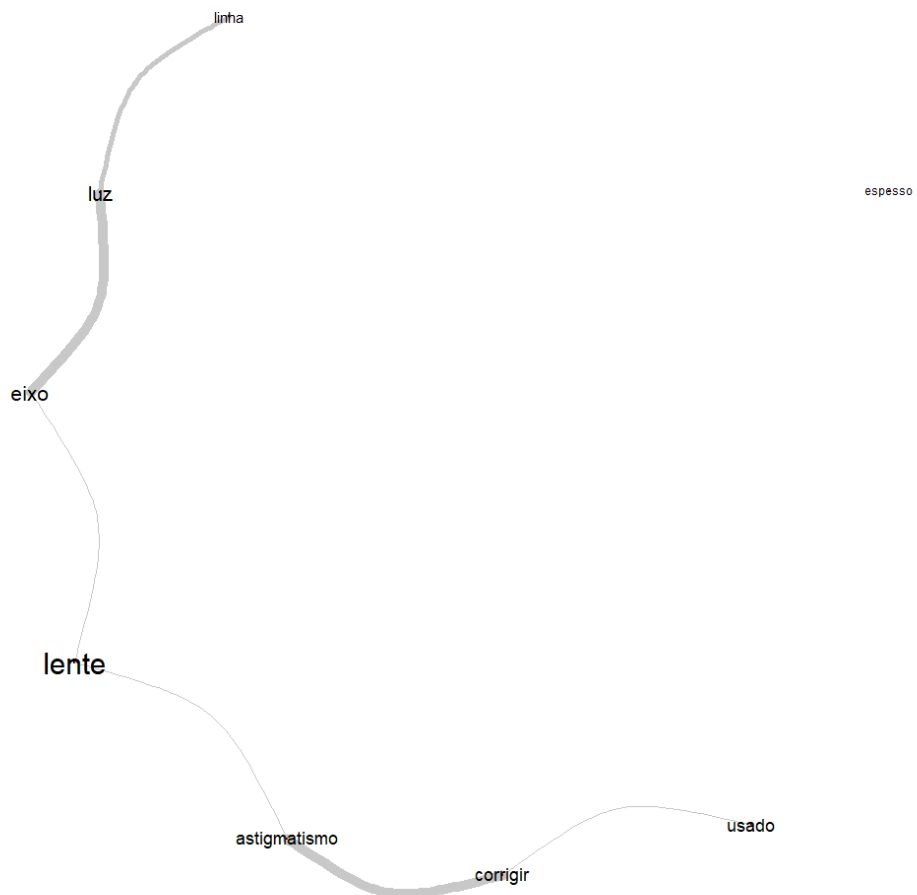
ETAPA 03 – QUESTÃO 38

Figura 85 – Nuvem de palavras;
Etapa 03 - Questão 38.



Fonte: Autor.

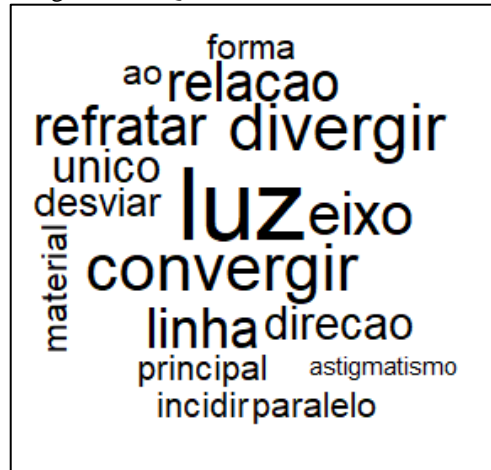
Figura 86 – Rede de similitude; Etapa 03 - Questão 38.



Fonte: Autor.

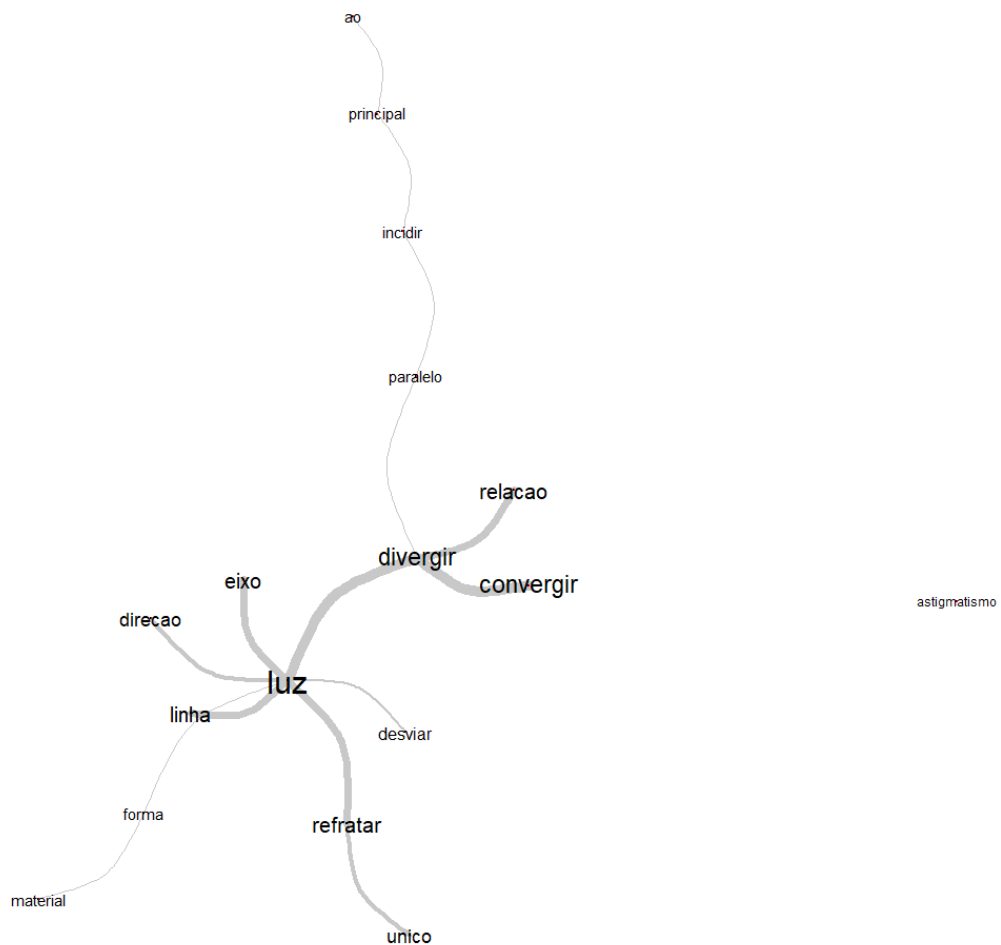
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 10

Figura 87 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 10.



Fonte: Autor.

Figura 88 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 10.



Fonte: Autor.

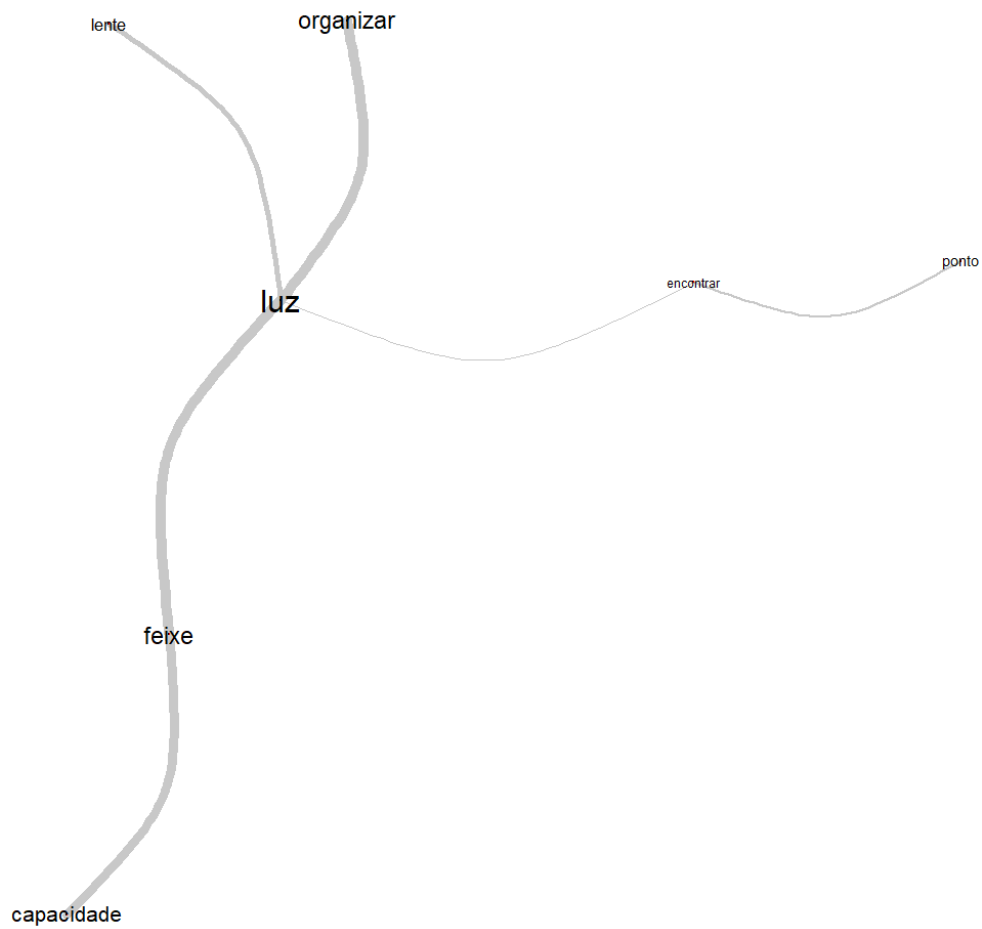
ETAPA 02 – QUESTÃO 21

Figura 89 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 21.



Fonte: Autor.

Figura 90 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 21.



Fonte: Autor.

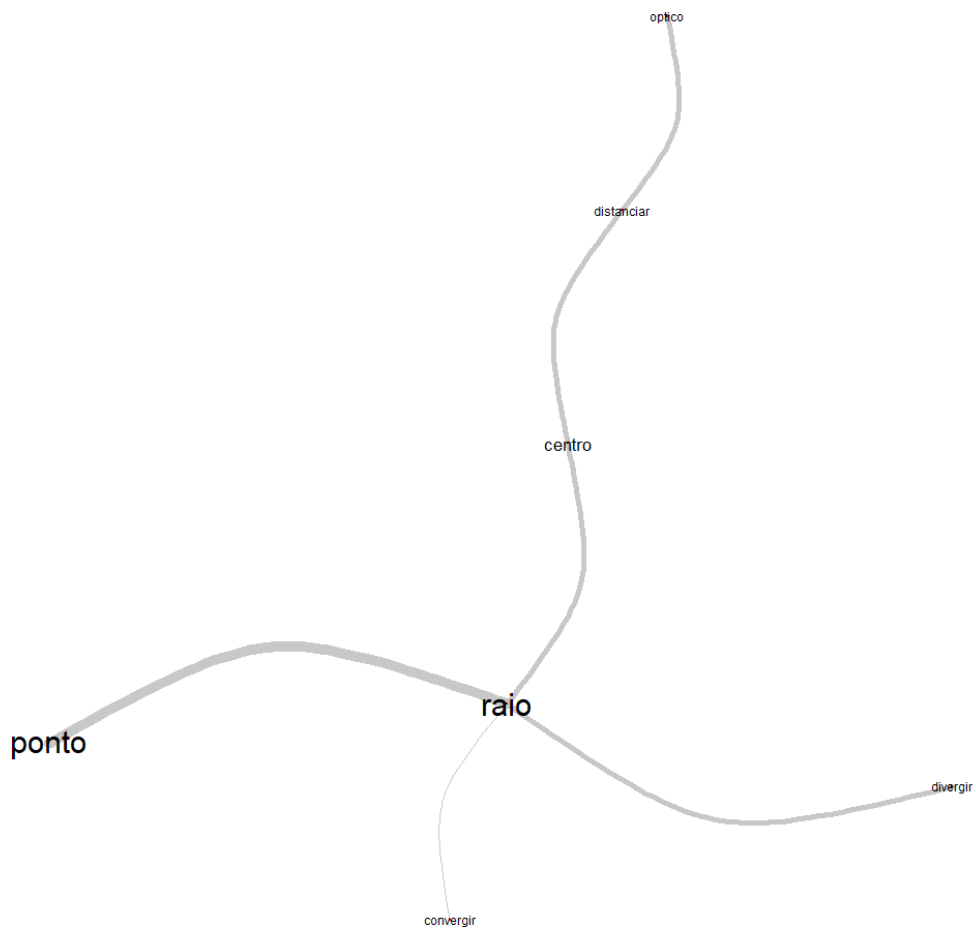
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 11

Figura 91 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 11.



Fonte: Autor.

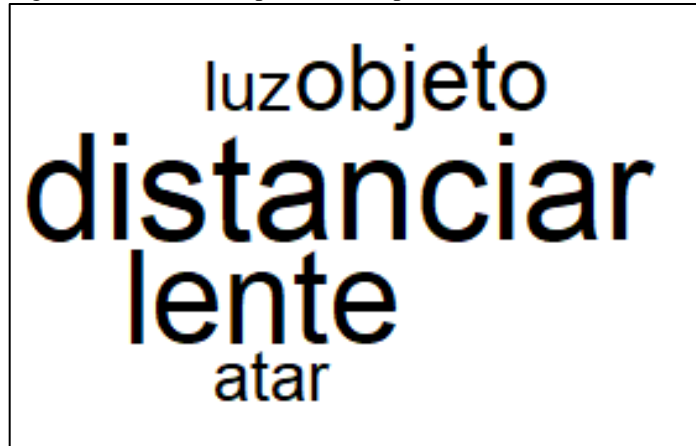
Figura 92 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 11.



Fonte: Autor.

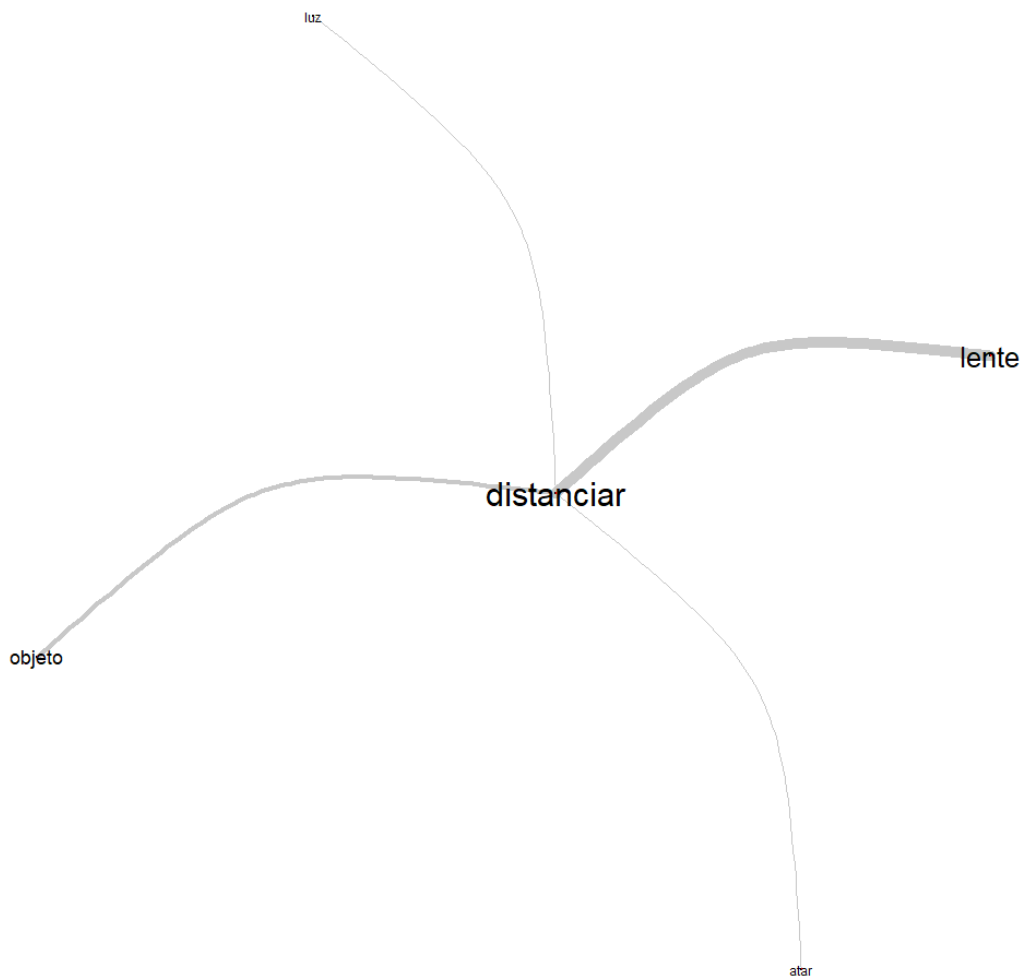
ETAPA 02 – QUESTÃO 22

Figura 93 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 22.



Fonte: Autor.

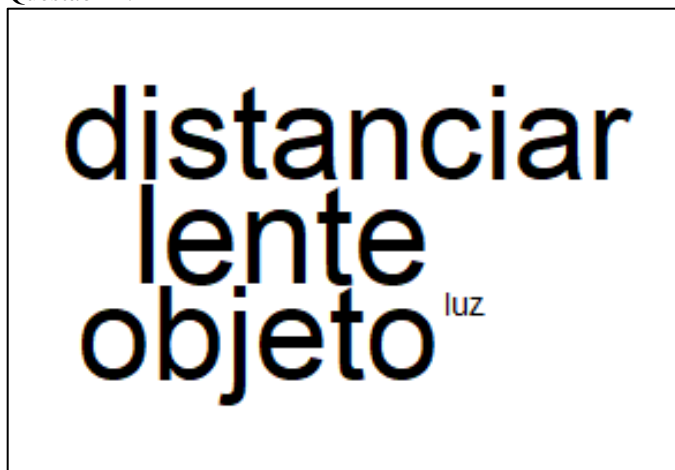
Figura 94 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 22.



Fonte: Autor.

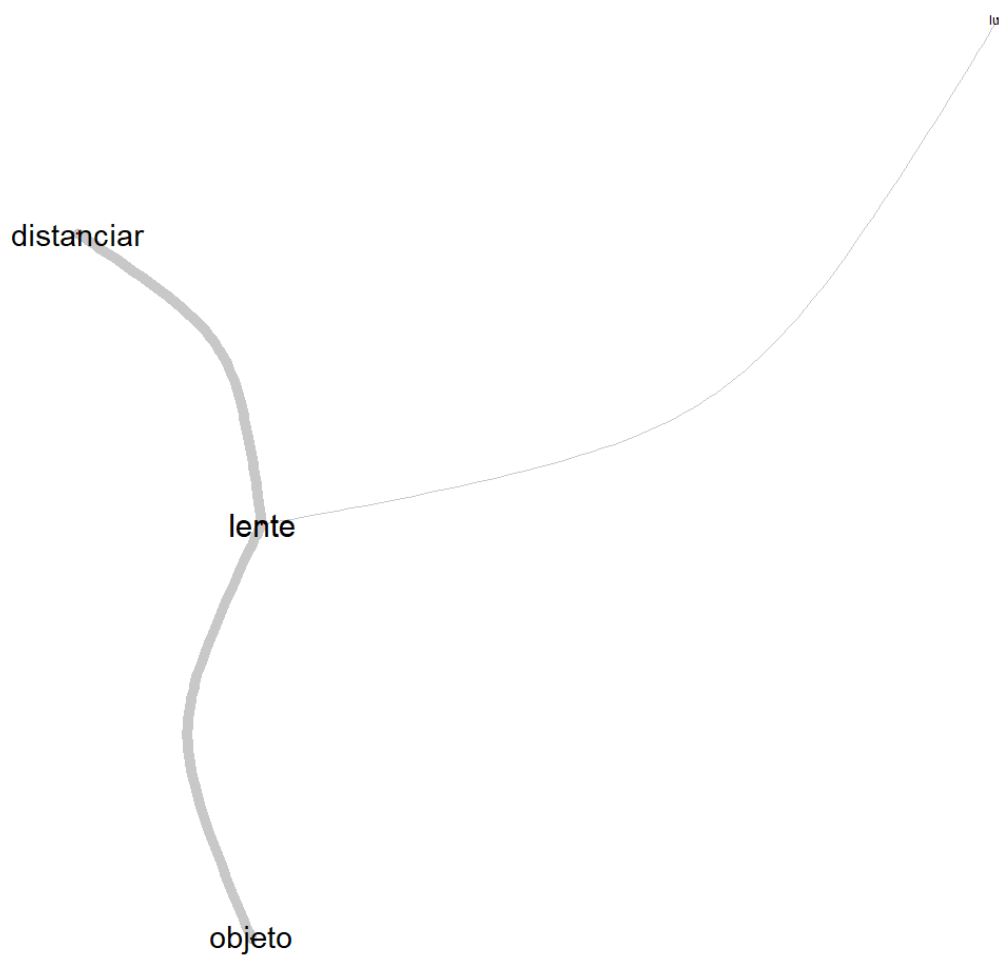
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 12

Figura 95 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 12.



Fonte: Autor.

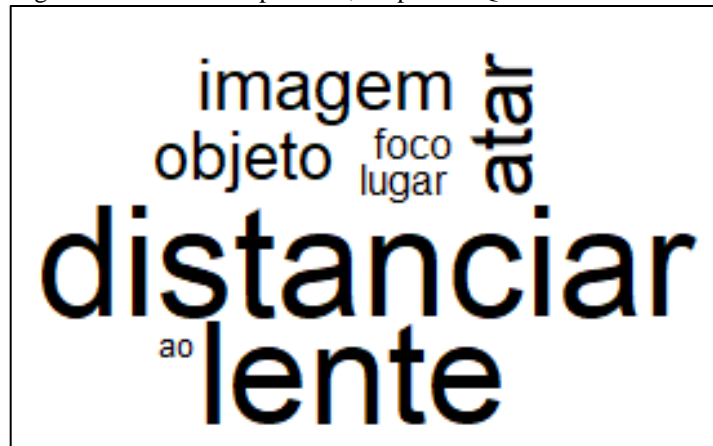
Figura 96 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 12.



Fonte: Autor.

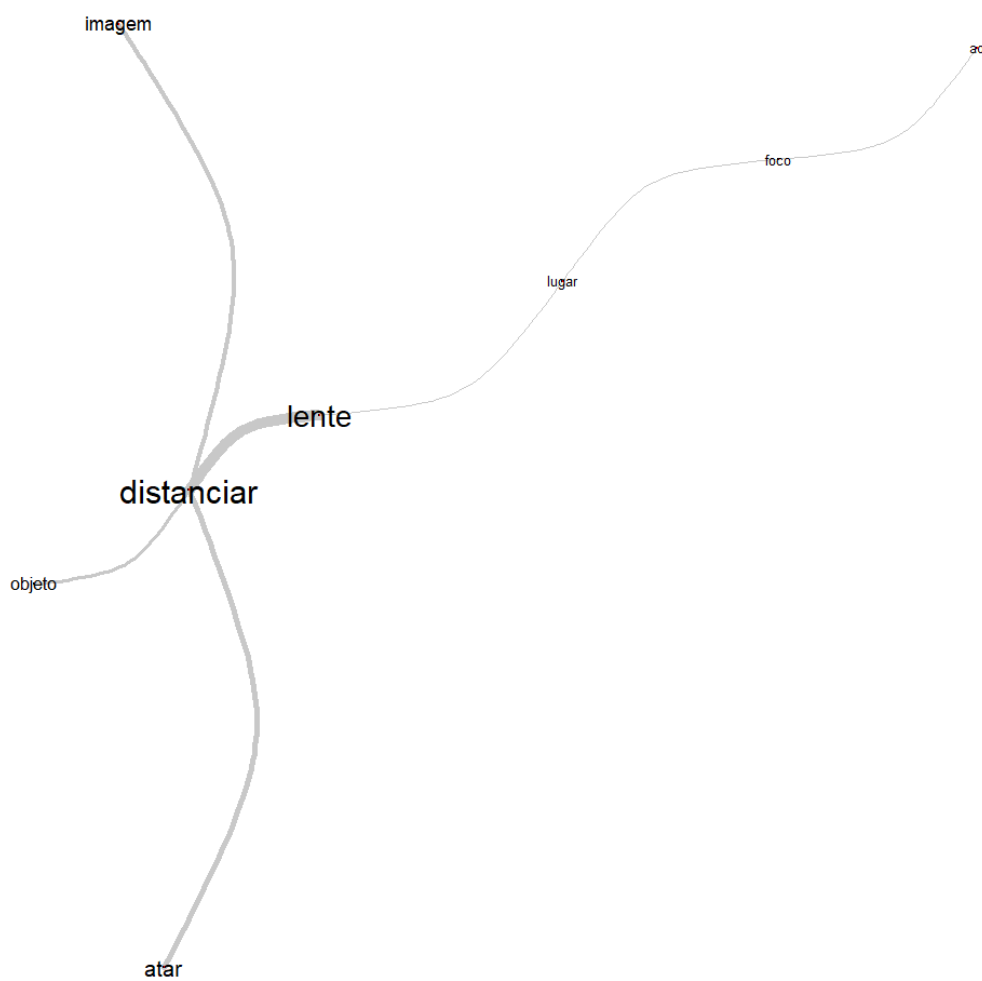
ETAPA 02 – QUESTÃO 23

Figura 97 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 23.



Fonte: Autor.

Figura 98 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 23.



Fonte: Autor.

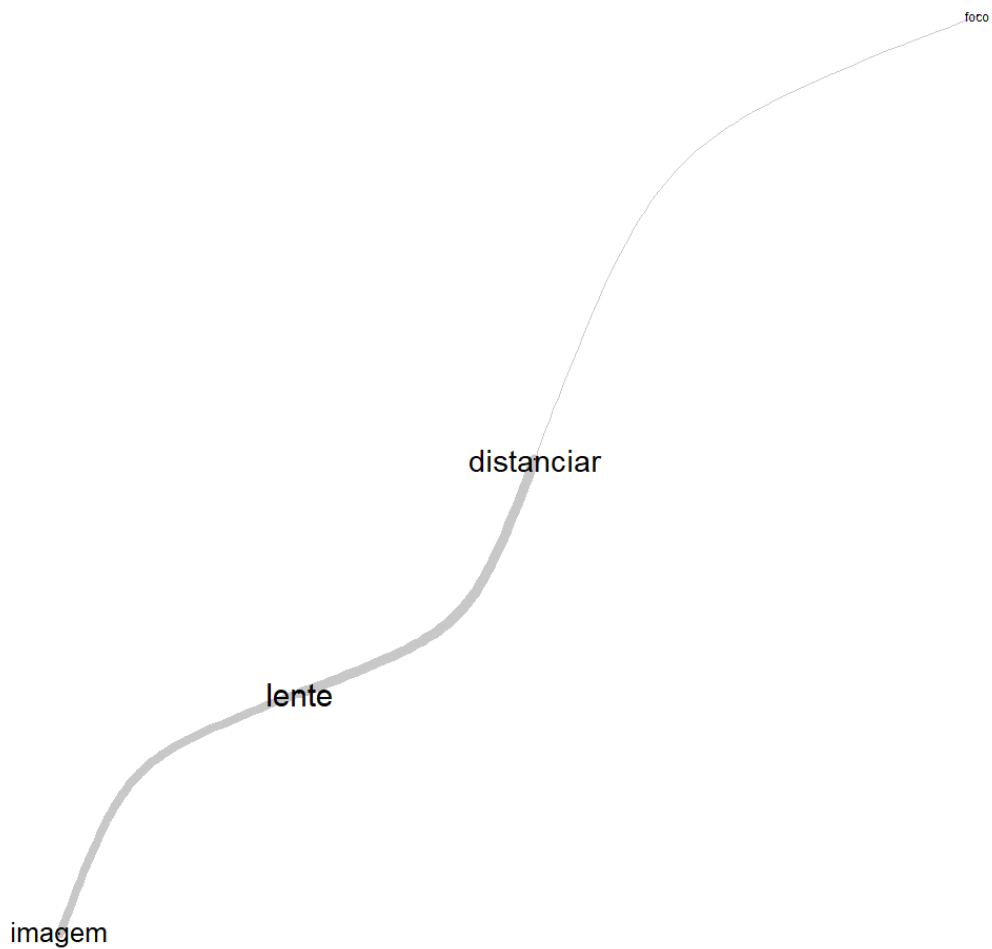
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 13

Figura 99 – Nuvem de palavras;
Avaliação Diagnóstica - Questão 13.



Fonte: Autor.

Figura 100 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 13.



Fonte: Autor.

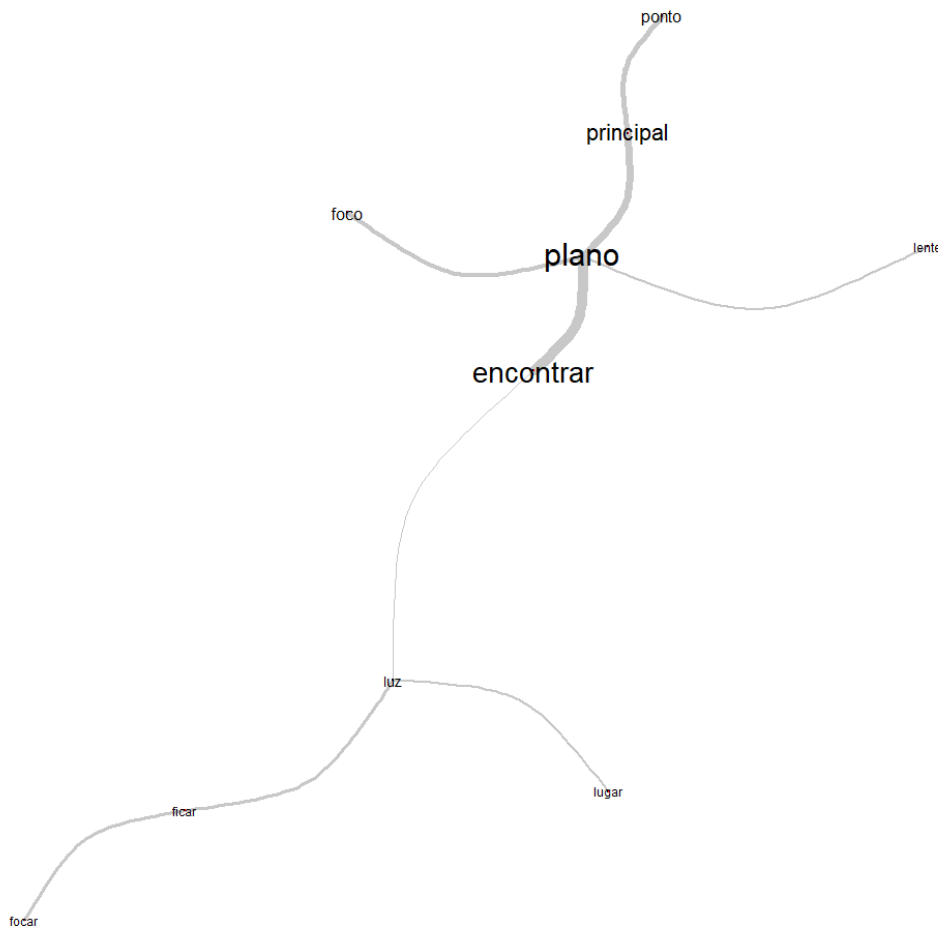
ETAPA 02 – QUESTÃO 24

Figura 101 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 24.



Fonte: Autor.

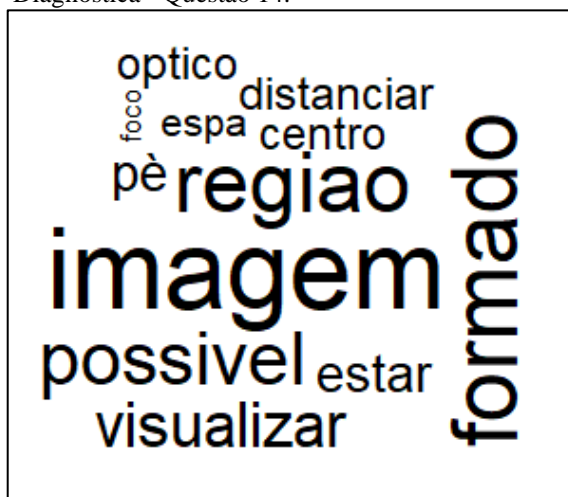
Figura 102 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 24.



Fonte: Autor.

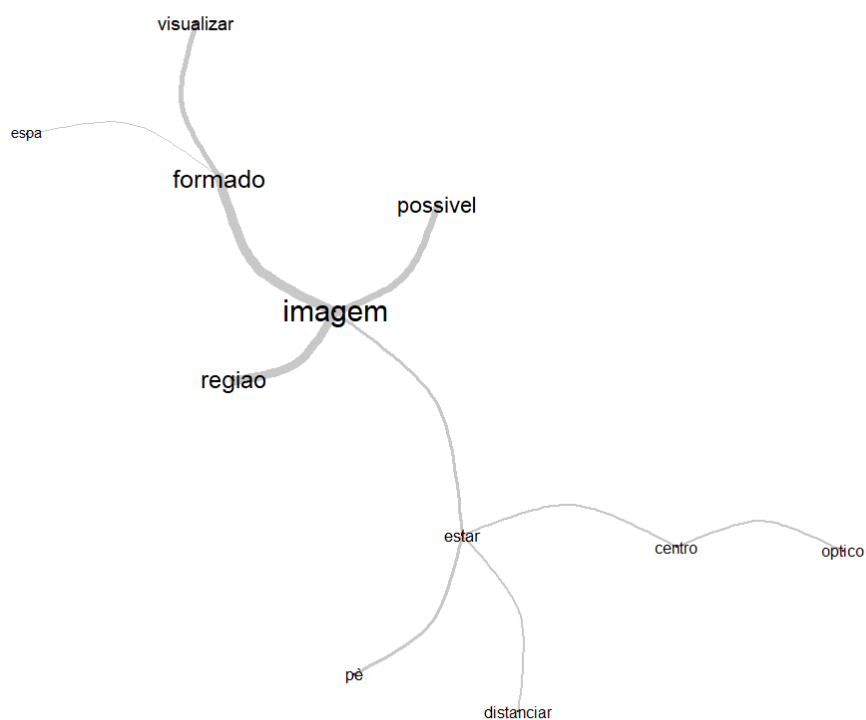
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 14

Figura 103 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 14.



Fonte: Autor.

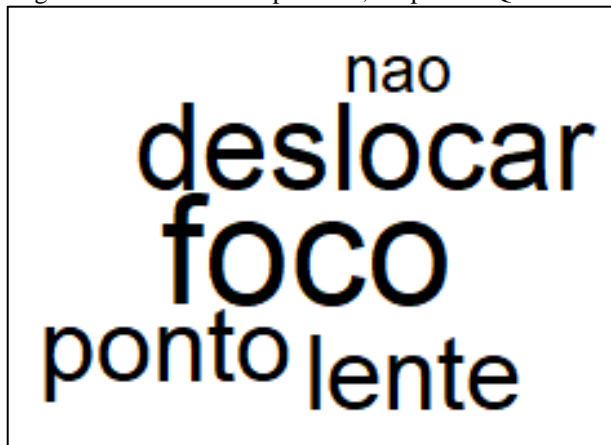
Figura 104 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 14.



Fonte: Autor.

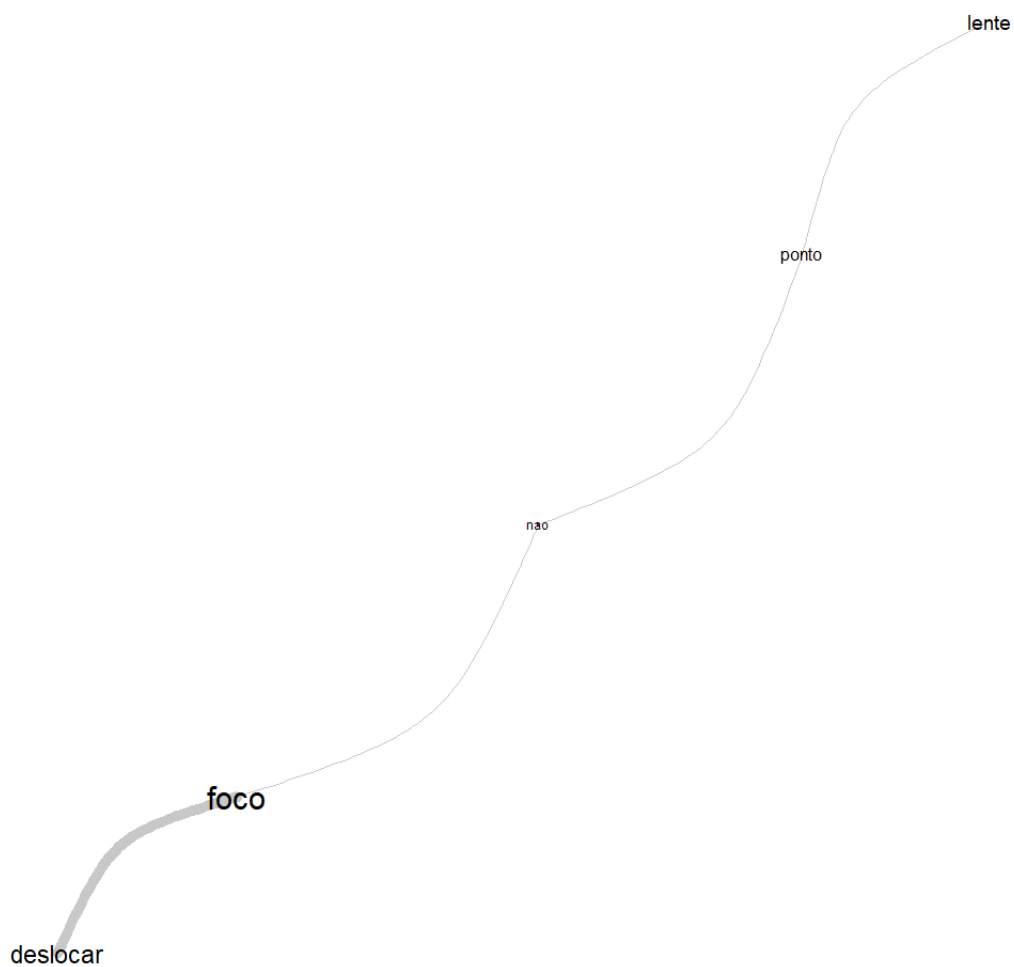
ETAPA 02 – QUESTÃO 25

Figura 105 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 25.



Fonte: Autor.

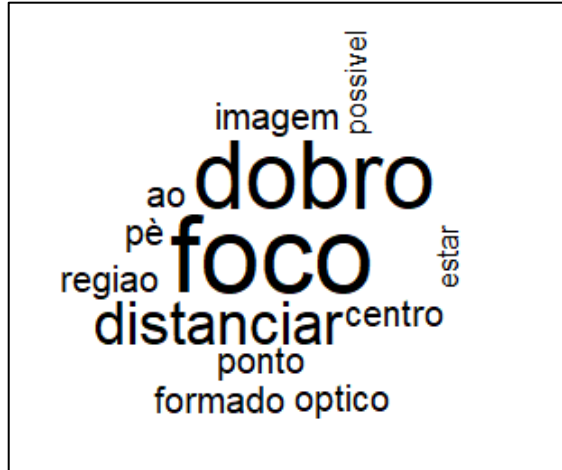
Figura 106 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 25.



Fonte: Autor.

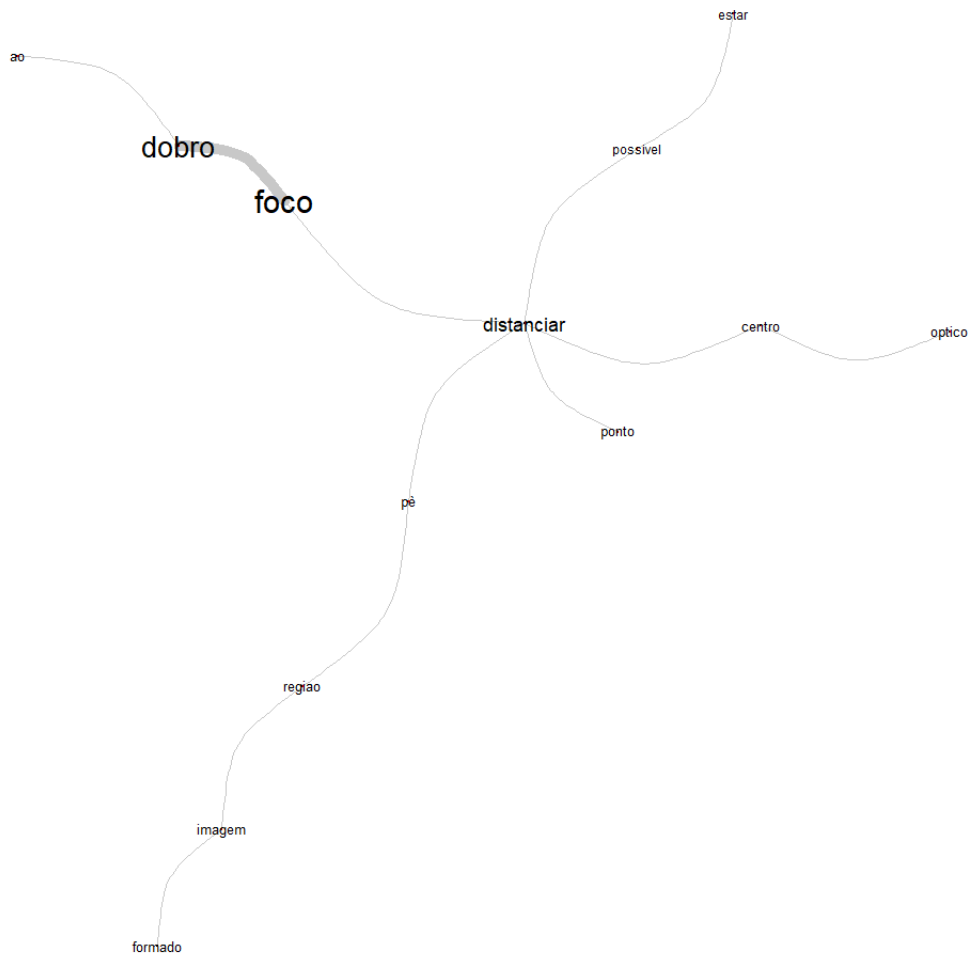
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 15

Figura 107 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 15.



Fonte: Autor.

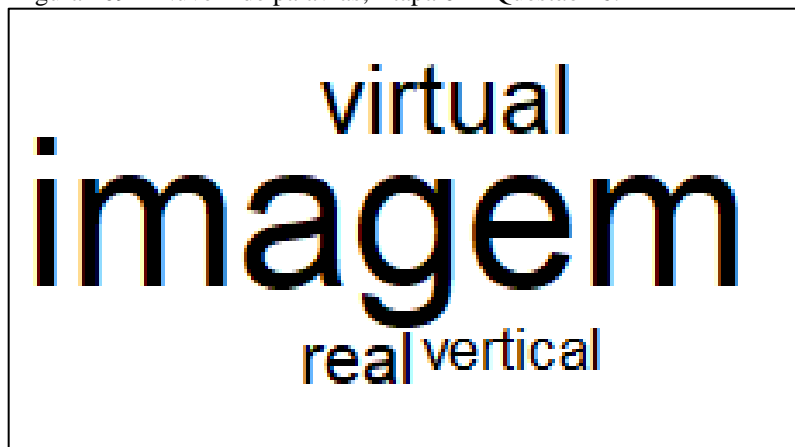
Figura 108 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 15.



Fonte: Autor.

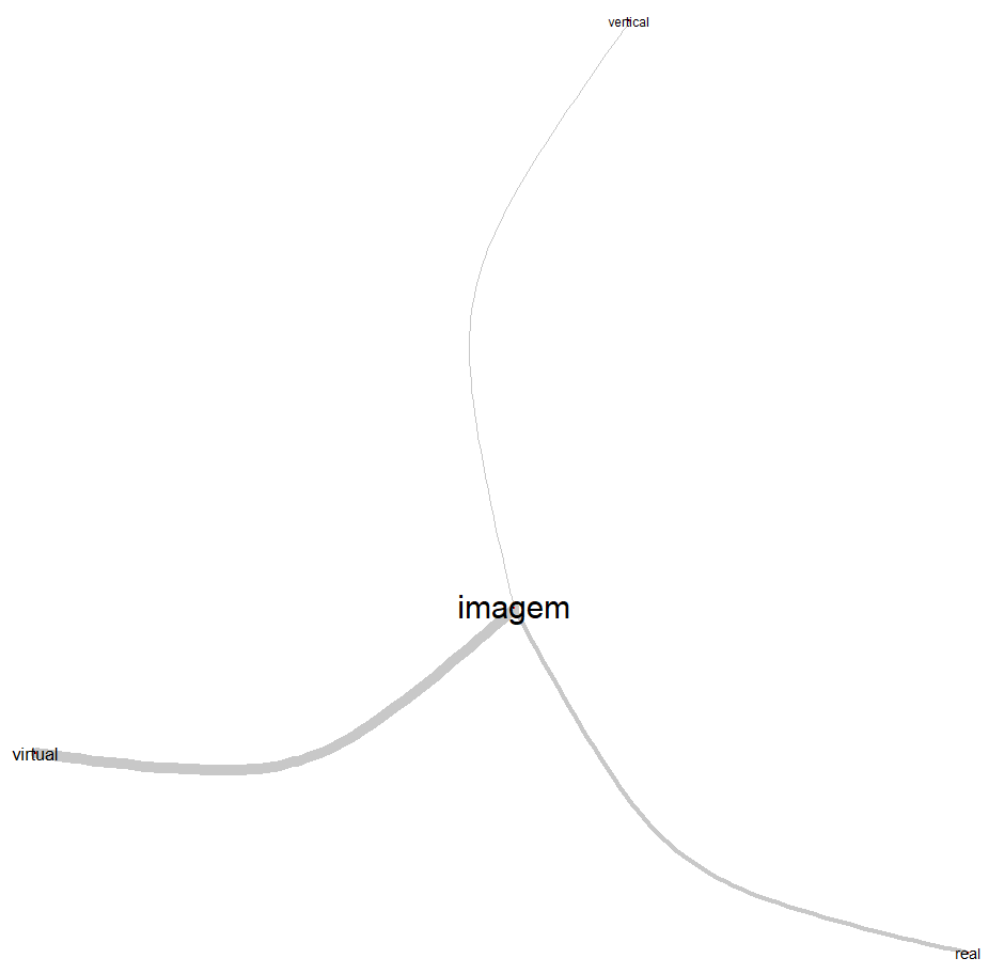
ETAPA 02 – QUESTÃO 26

Figura 109 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 26.



Fonte: Autor.

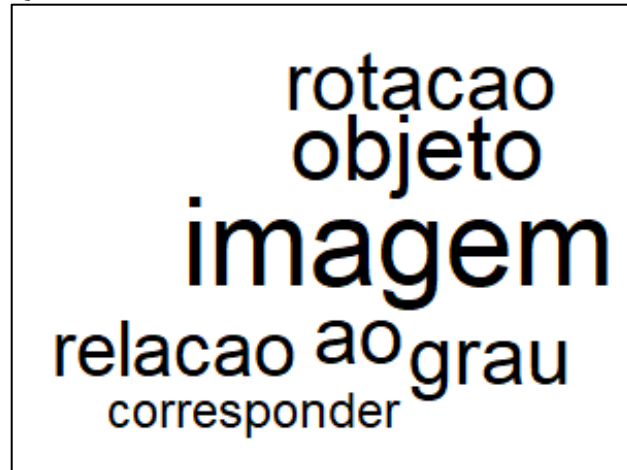
Figura 110 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 26.



Fonte: Autor.

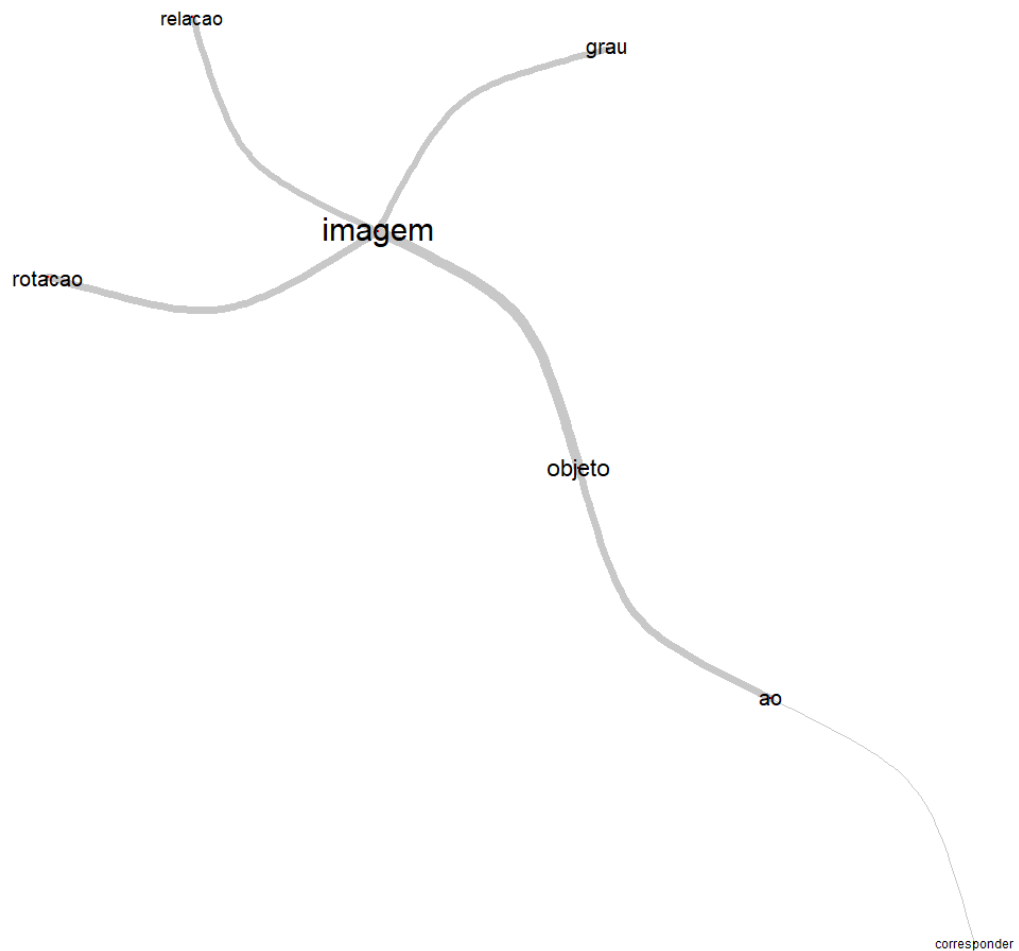
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 16

Figura 111 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 16.



Fonte: Autor.

Figura 112 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 16.



Fonte: Autor.

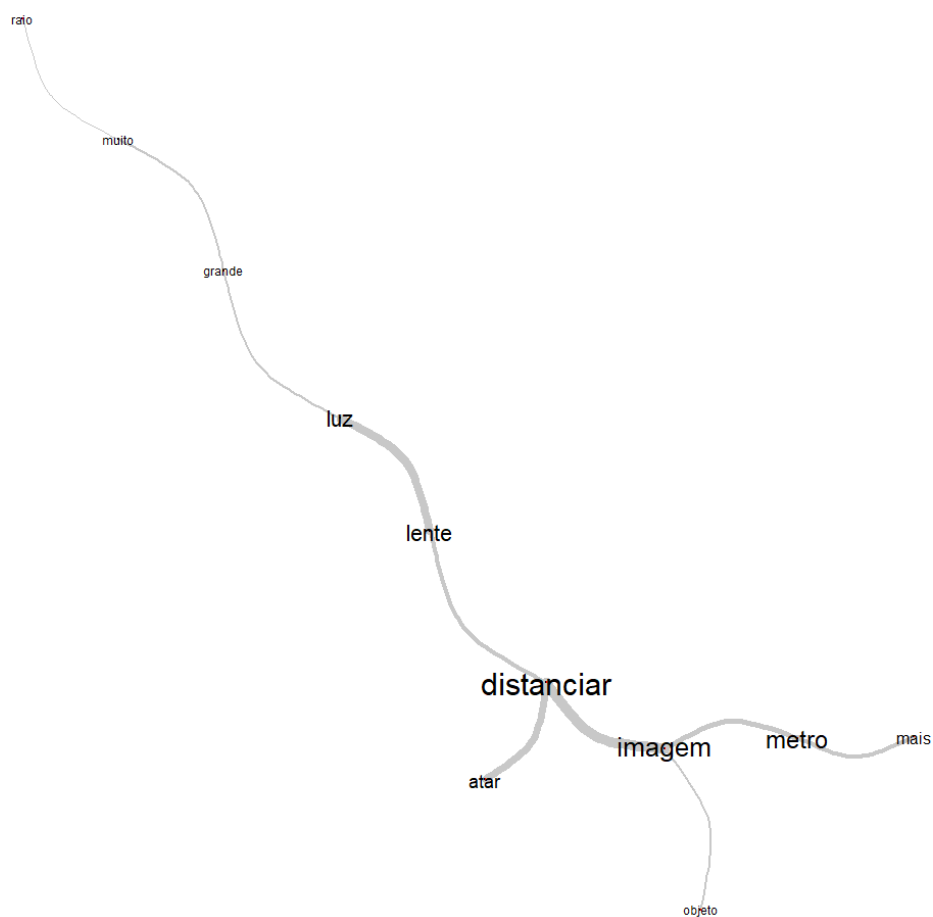
ETAPA 02 – QUESTÃO 27

Figura 113 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 27.



Fonte: Autor.

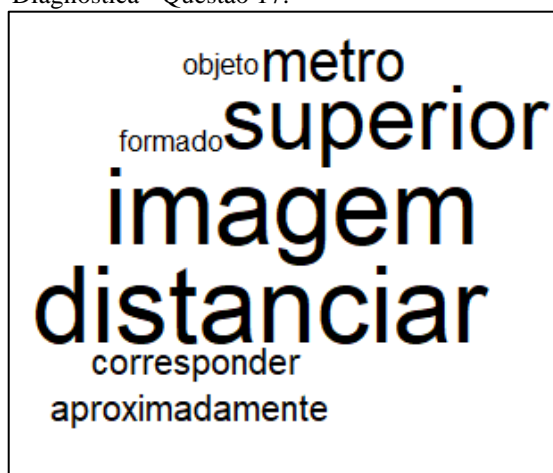
Figura 114 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 27.



Fonte: Autor.

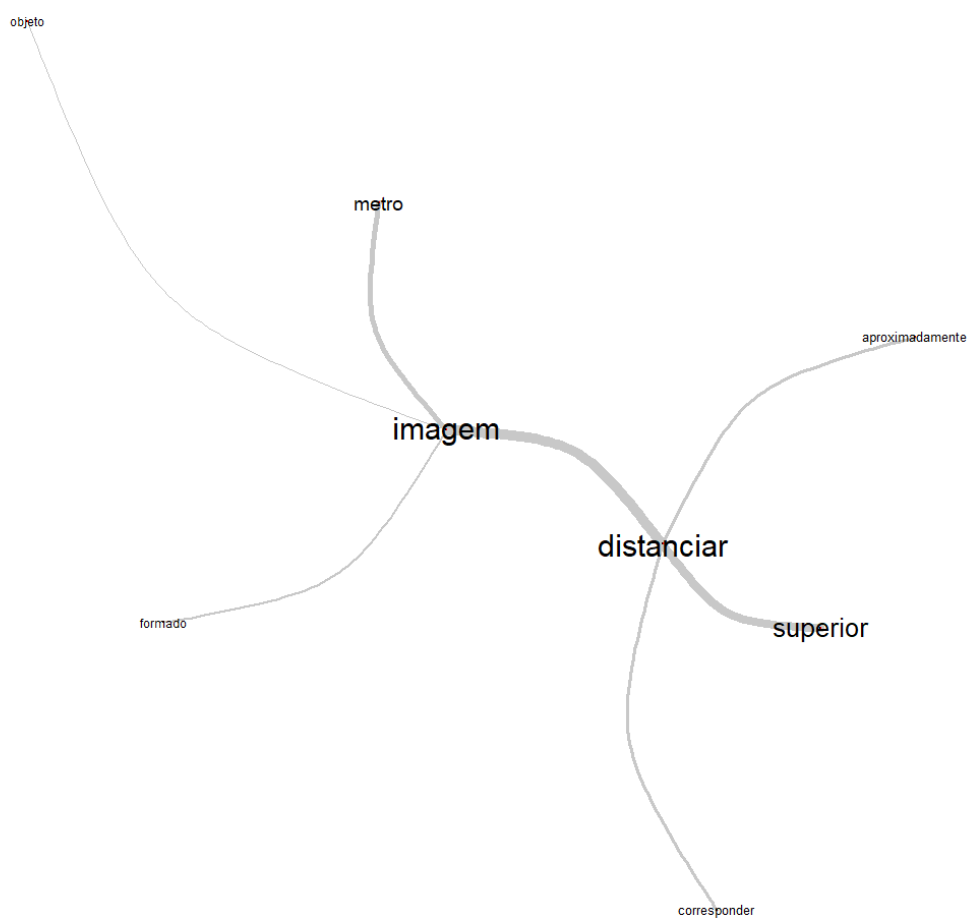
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 17

Figura 115 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 17.



Fonte: Autor.

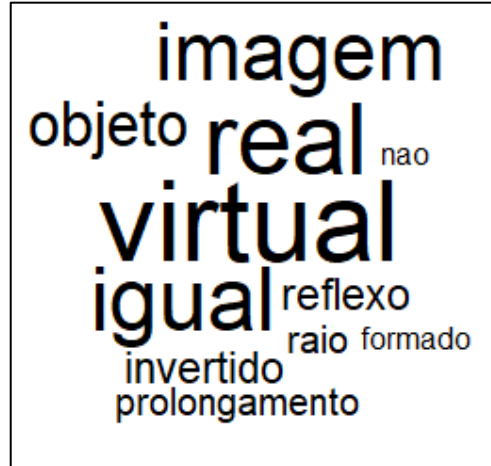
Figura 116 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 17.



Fonte: Autor.

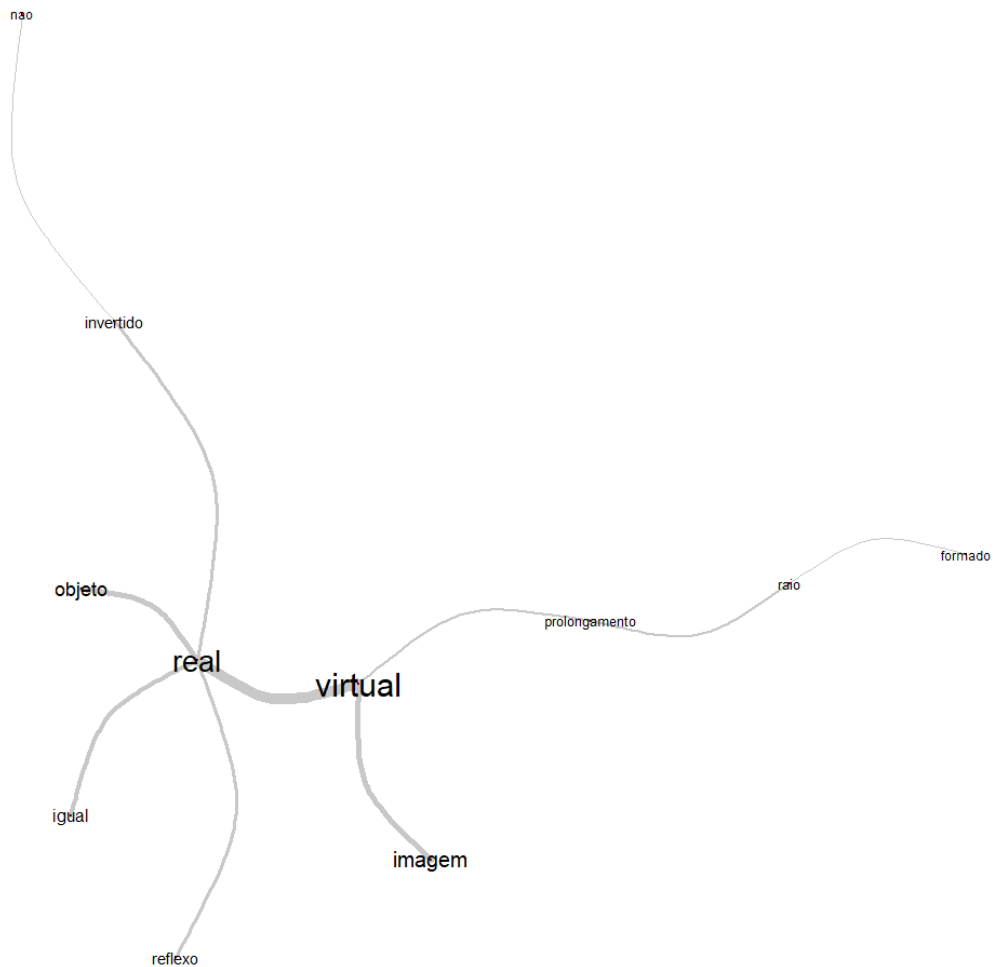
ETAPA 02 – QUESTÃO 28

Figura 117 – Nuvem de palavras; Etapa 02 - Questão 28.



Fonte: Autor.

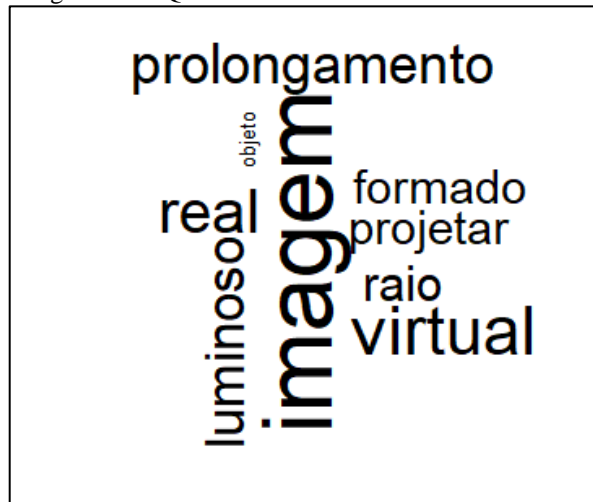
Figura 118 – Rede de similitude; Etapa 02 - Questão 28.



Fonte: Autor.

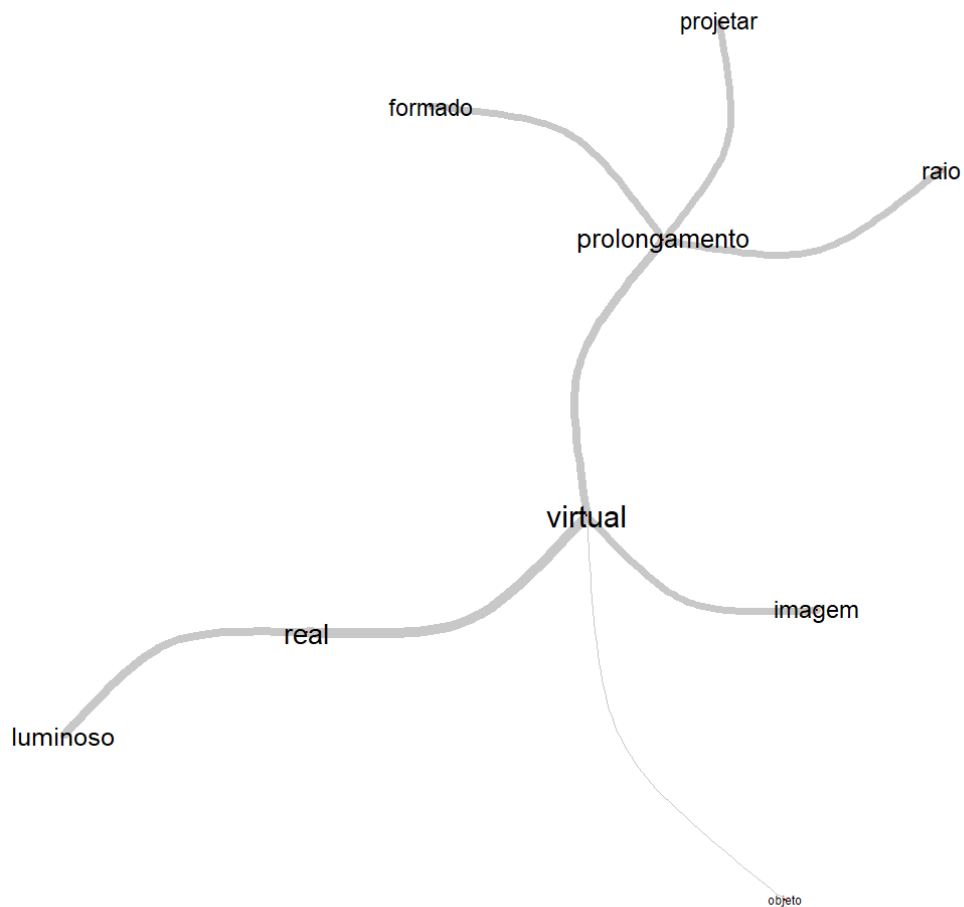
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA – QUESTÃO 18

Figura 119 – Nuvem de palavras; Avaliação Diagnóstica - Questão 18.



Fonte: Autor.

Figura 120 – Rede de similitude; Avaliação Diagnóstica - Questão 18.



Fonte: Autor.

APÊNDICE F – PRODUTO EDUCACIONAL

DANILO FLÜGEL LUCAS

ELABORAÇÃO DE UM PRODUTO EDUCACIONAL PARA A MATERIALIZAÇÃO DE
CONCEITOS NO APRENDIZADO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA APLICADA ÀS
ANOMALIAS DA VISÃO

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Gerson Kniphoff da Cruz

PONTA GROSSA

2020

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Dimensões das partes da frente e do fundo do iluminador.....	6
Fotografia 2 – Dimensões das laterais do iluminador.....	7
Fotografia 3 – Dimensões das partes superior e inferior do iluminador.....	7
Fotografia 4 – Disposição dos led's do iluminador.....	8
Fotografia 5 – Disposição das cores dos led's no iluminador.....	8
Fotografia 6 – Solda dos conectores negativos de cada led do iluminador.....	9
Fotografia 7 – Conexão dos conectores negativos dos led's com o suporte de pilhas.....	9
Fotografia 8 – Solda individual dos conectores positivos de cada led.....	10
Fotografia 9 – Solda dos positivos dos interruptores do iluminador.....	10
Fotografia 10 – Detalhe interno do iluminador finalizado.....	11
Fotografia 11 – Iluminador finalizado sem a tampa do fundo.....	12
Fotografia 12 – Iluminador finalizado com sua tampa traseira fixada por alfinetes.....	12
Fotografia 13 – Base de E.V.A. para a lente convergente (lupa).....	13
Fotografia 14 – Feixes de luz laser paralelos convergindo em uma lente convergente.....	15
Fotografia 15 – Feixes de luz convergindo em uma lente convergente.....	15
Fotografia 16 – Feixes de luz laser paralelos divergindo em uma lente divergente.....	16
Fotografia 17 – Imagem do iluminador (objeto) com uma distância superior a dez metros do centro óptico da lente sendo projetada na superfície do anteparo.....	17
Fotografia 18 – Imagem projetada através de uma lente convergente com um objeto posicionado um pouco além de duas vezes a distância focal da lente.....	18
Fotografia 19 – Dimensão da imagem formada na condição do experimento da fotografia 18.....	19
Fotografia 20 – Ajuste do paquímetro na dimensão do tamanho do objeto (led's do iluminador).....	19
Fotografia 21 – Iluminador (objeto) posicionado à distância equivalente ao dobro da distância do foco da lente.....	20
Fotografia 22 – Comparando o tamanho da imagem formada com o paquímetro que foi previamente ajustado na dimensão do objeto.....	21
Fotografia 23 – Condição experimental para a formação da imagem através de uma lente convergente com o objeto um pouco mais próximo do ponto de foco da lente.....	22

Fotografia 24 – Projeção da fotografia 23 com o paquímetro ajustado para o tamanho do objeto (iluminador).	22
Fotografia 25 – Tentativa de encontrar o plano de focalização de uma imagem (imprópria) nas proximidades de uma lente convergente com o objeto situado no foco da lente.	23
Fotografia 26 – Projeção da imagem numa parede a 10 metros de distância da lente convergente.	23
Fotografia 27 – Inversão horizontal da imagem formada através de uma lente convergente.	24
Fotografia 28 – Inversão vertical da imagem formada através de uma lente convergente.	25
Fotografia 29 – Inversão vertical e horizontal da imagem formada através de uma lente convergente.	25
Fotografia 30 – Detalhe de obstrução da luz do objeto (iluminador) pela direita antes da lente convergente na condição de imagem real e invertida.	26
Fotografia 31 – Detalhe de obstrução da luz da imagem 30, com sua respectiva imagem invertida através da lente convergente.	27
Fotografia 32 – Tentativa de encontrar o plano de focalização de uma imagem (virtual) nas proximidades de uma lente convergente com o objeto situado entre o centro óptico e o ponto de foco da lente.	28
Fotografia 33 – Imagem virtual visualizada atrás da lente convergente de um objeto que está entre o centro óptico da lente e o ponto de foco.	29
Fotografia 34 – Imagem virtual visualizada atrás da lente convergente de um objeto que está entre o centro óptico da lente e o ponto de foco.	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
1.1.	GUIA DO PROFESSOR.....	4
2	PRODUTO EDUCACIONAL	5
2.1	CONSTRUÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	5
2.1.1	Materiais Utilizados	5
2.1.2	Teste de Luminosidade dos Led's	6
2.1.3	Cortes do E.V.A	6
2.1.4	Instalação e Solda dos Led's no Iluminador	7
2.1.5	Lentes	13
3	APLICAÇÃO DO PRODUTO	14
3.1	DESENVOLVIMENTO	14
3.1.1	Explanação Teórica - Primeira Etapa.....	14
3.1.2	Desenvolvimento Experimental - Segunda Etapa.....	14
3.1.3	Aplicação às Anomalias da Visão - Terceira Etapa	30
3.1.4	Aplicação da Avaliação Diagnóstica.....	31
4	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS	33
	APÊNDICE A – ESCRITA ORIENTADA (PARTE 1)	34
	APÊNDICE B – ESCRITA ORIENTADA (PARTE 2)	36
	APÊNDICE C – ESCRITA ORIENTADA (PARTE 3)	40
	APÊNDICE D – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA	45

1 INTRODUÇÃO

O produto educacional deste trabalho visa facilitar o processo de ensino de óptica geométrica que muitas vezes é tratado de forma matematizada e em apenas duas dimensões. Buscamos facilitar o processo de construção do produto educacional com a utilização de materiais acessíveis e de fácil manuseio, em que qualquer professor de Física tenha facilidade em reproduzi-lo para a utilização em suas aulas de óptica.

O presente produto não tem a intenção de ser completo por isso limita ao estudo das lentes esféricas e suas aplicações. Anomalias da visão são tratadas, mas com enfoque às anomalias de visão como miopia e hipermetropia. É certo dizer que o produto abre caminho para explorar as outras anomalias da visão que são bem comuns e utilizam lentes como solução da anomalia, como a presbiopia, o astigmatismo e o estrabismo.

1.1.GUIA DO PROFESSOR

O produto educacional destina-se ao Ensino Médio, podendo ser adaptado para o Ensino Fundamental e para o Ensino Superior sem muitas dificuldades.

Um quesito importante do presente produto é a sua facilidade de utilização, mesmo em ambientes claros, ajudando muito no processo de ensino em aulas durante o dia, não sendo necessário um ambiente específico para a sua utilização.

Se bem aplicado o produto trará resultados positivos para as aulas de Física por trazer a parte tridimensional e visual da óptica geométrica, mas a forma de aplicação depende da realidade de cada escola e da metodologia aplicada por cada professor, dando assim liberdade e responsabilidade ao professor que optar por aplicar este produto educacional em suas aulas.

2 PRODUTO EDUCACIONAL

2.1 CONSTRUÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

2.1.1 Materiais Utilizados

Para a construção do produto educacional foram utilizados os seguintes materiais:

- (20 x 140) cm linear de EVA 10 mm;
- 1 Led 5 mm de alto brilho da cor branca;
- 2 Led's 5 mm de alto brilho da cor vermelha;
- 2 Led's 5 mm de alto brilho da cor laranja;
- 2 Led's 5 mm de alto brilho da cor verde;
- 2 Led's 5 mm de alto brilho da cor azul;
- 1 Lupa 50 mm de diâmetro;
- 9 Interruptores de circuito elétrico;
- 1 Suporte para pilhas AA com espaço para duas pilhas;
- 2 Pilhas AA;
- Resistores;
- Alfinetes com cabeça colorida.

2.1.2 Teste de Luminosidade dos Led's

A primeira situação a ser testada é a luminosidade dos led's ao serem ligados com as duas pilhas AA em série. Deve-se tomar cuidado pois existem led's que queimam com uma diferença de potencial (ddp) de 3 V aplicada em seus terminais ou sobrepõem a sua luminosidade em relação aos demais. Por isso é muito importante a verificação das características técnicas dos mesmos. Dadas as condições de funcionamento de cada led, pode ser necessário a instalação de um resistor em série conforme as características de fábrica para que o led não se queime. Caso o acréscimo de um resistor seja necessário, o professor realiza as associações necessárias e parte para a próxima etapa e se o acréscimo de um resistor for desnecessário o professor apenas parte para a próxima etapa.

2.1.3 Cortes do E.V.A

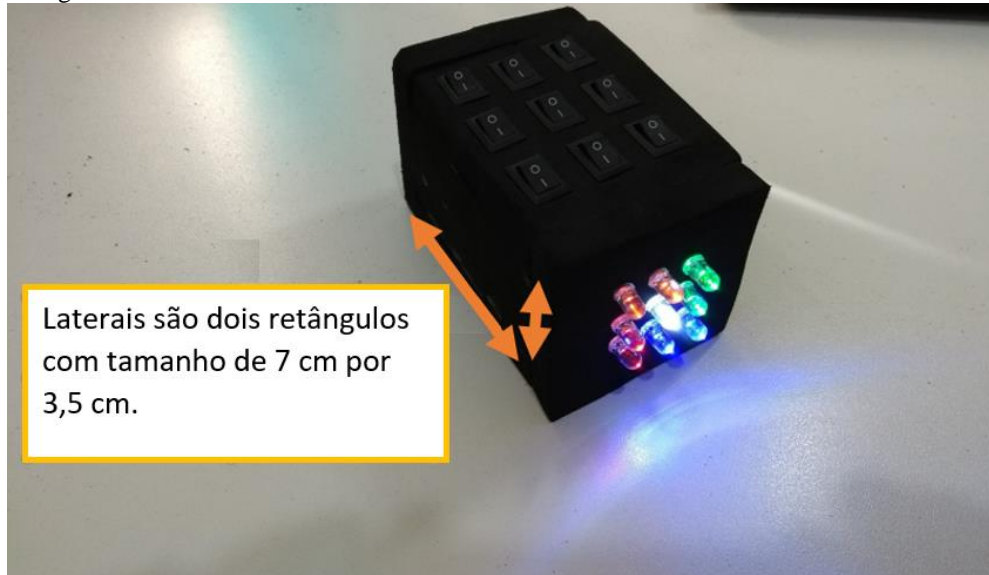
Os cortes do E.V.A. devem ser feitos com um instrumento bem afiado, uma lâmina de estilete é o ideal para um melhor acabamento. Ideal é realizar o corte apoiando o E.V.A. sobre uma superfície de vidro ou sobre uma superfície dura ou que possa ser cortada conjuntamente. Se o acabamento não ficar como o esperado é possível realizar um bom acabamento utilizando uma lixa grano 220. Devemos cortar dois quadrados, uma para a frente e outro para o fundo, e quatro retângulos, dois para as laterais, um para a parte superior e o outro para a parte inferior conforme as dimensões indicadas nas fotografias 1, 2 e 3:

Fotografia 1 – Dimensões das partes da frente e do fundo do iluminador.



Fonte: Autor.

Fotografia 2 – Dimensões das laterais do iluminador.



Fonte: Autor.

Fotografia 3 – Dimensões das partes superior e inferior do iluminador.



Fonte: Autor.

2.1.4 Instalação e Solda dos Led's no Iluminador

Para instalar os led's foram deixados 5 mm de distância entre a borda lateral e as posições dos led's laterais nas direções vertical e horizontal. Ao final da montagem tem-se uma matriz de led's com 9 elementos e tamanho quadrado de 2,5 cm por 2,5 cm no centro da face frontal conforme a fotografia 4:

Fotografia 4 – Disposição dos led's do iluminador.



Três led's ligados na vertical. Fonte: Autor.

Para a fixação dos led's furamos o E.V.A com os próprios terminais dos led's. A organização da distribuição das cores é apresentada na fotografia 5. Na fotografia 6 uma visão de como todos os conectores negativos dos led's foram soldados.

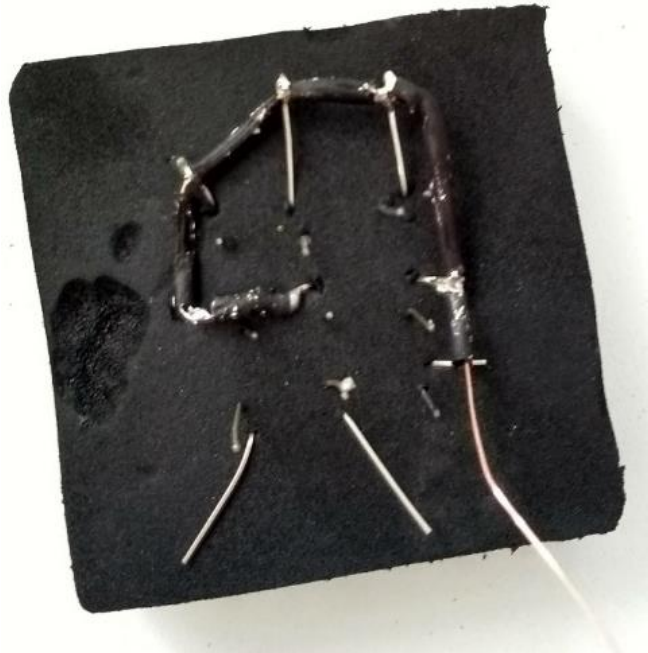
Fotografia 5 – Disposição das cores dos led's no iluminador.



Um led central na cor branca, e pares de led's vermelhos, alaranjados, verdes e azuis dispostos nas laterais.

Fonte: Autor.

Fotografia 6 – Solda dos conectores negativos de cada led do iluminador.



Fonte: Autor.

E por fim conectamos esses conectores com o cabo preto do suporte de pilhas, enrolando o filamento para que manutenções futuras possam ser realizadas com facilidade, conforme a fotografia 7:

Fotografia 7 – Conexão dos conectores negativos dos led's com o suporte de pilhas.



Fonte: Autor.

Então soldamos um fio individual em cada conector positivo dos led's para que sejam conectados nos interruptores individuais, conforme a fotografia 8:

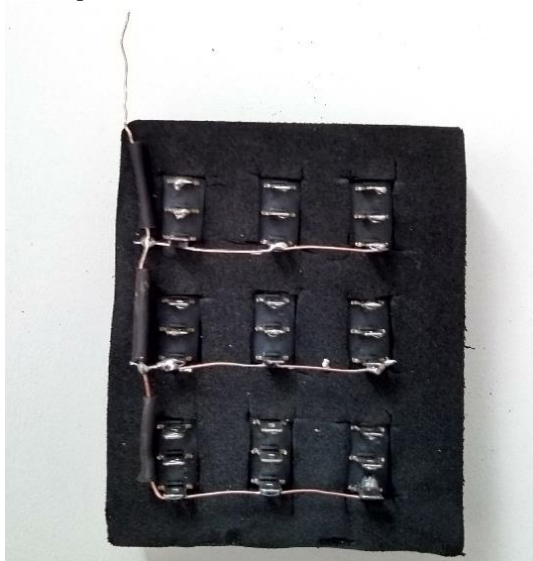
Fotografia 8 – Solda individual dos conectores positivos de cada led.



Fonte: Autor.

Em seguida, encaixamos os interruptores de luz no retângulo de E.V.A. da parte de cima e soldamos um fio em um terminal de cada um dos interruptores de luz. Todos os terminais foram unidos e preparados para serem conectados ao terminal positivo do suporte de pilhas, conforme a fotografia 9.

Fotografia 9 – Solda dos positivos dos interruptores do iluminador.



Fonte: Autor.

Por fim, conectamos individualmente o segundo terminal de cada interruptor com o terminal positivo de cada led. Importante é realizar uma associação direta da posição do interruptor com o respectivo led.

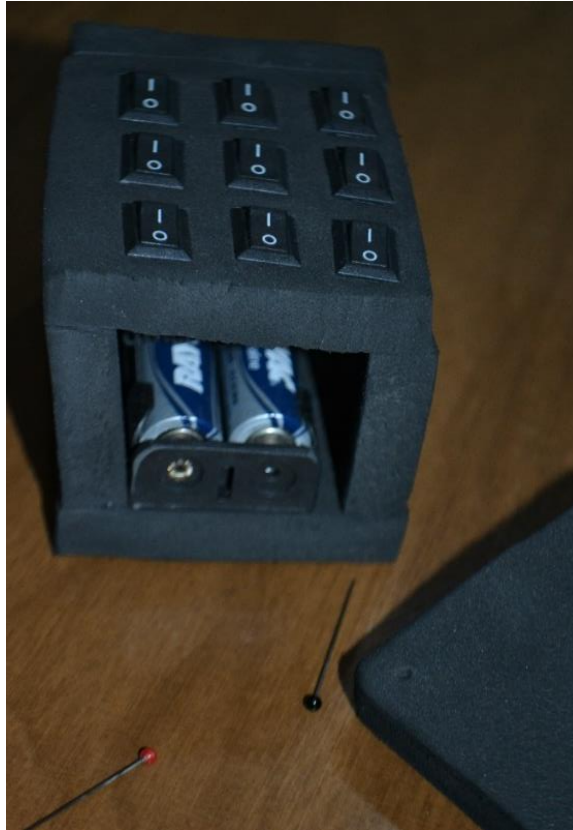
O próximo passo foi a montagem da caixa do iluminador. Para isso unimos as laterais com supercola, deixando apenas a parte do fundo sem ser colada, conforme as fotografias 10 e 11:

Fotografia 10 – Detalhe interno do iluminador finalizado.



Fonte: Autor.

Fotografia 11 – Iluminador finalizado sem a tampa do fundo.



Fonte: Autor.

O iluminador finalizado é apresentado na fotografia 12. Observa-se que o iluminador é fechado com a utilização de alfinetes. Isso facilita possíveis manutenções futuras.

Fotografia 12 – Iluminador finalizado com sua tampa traseira fixada por alfinetes.



Fonte: Autor.

2.1.5 Lentes

A lupa é o principal elemento óptico que deve ser usado para a utilização do produto, sendo importante também a utilização de pelo menos uma lente divergente.

A lupa é uma lente convergente de fácil acesso e baixo custo e pode ser adquirida em papelarias. Já a lente divergente pode ser comprada em óticas ou pela internet. Sugerimos fortemente uma breve busca de lentes velhas em lojas de óticas. Em nosso trabalho conseguimos muitas lentes dessa forma para fins didáticos, com muito apoio das óticas locais.

Torna-se necessário a adaptação de uma base para a lente, que varia dependendo do formato e do tamanho da lente, mas pode ser feita com facilidade utilizando E.V.A e supercola como a fotografia 13:

Fotografia 13 – Base de E.V.A. para a lente convergente (lupa).



Fonte: Autor.

O único cuidado a ser tomado é que o centro da lente deve estar coincidindo com o led central da matriz de leds do iluminador (o led branco do centro). Assim garantimos um bom alinhamento do eixo óptico do sistema.

3 APLICAÇÃO DO PRODUTO

3.1 DESENVOLVIMENTO

A aplicação do produto educacional ocorreu em cinco aulas consecutivas de uma turma de 3ª série do Ensino Médio Regular de um Colégio da rede particular de ensino na cidade de Castro – Paraná. A aplicação foi dividida em três etapas. Em cada etapa com uma atividade avaliativa denominada de *escrita orientada*, onde os alunos são orientados a descreverem com clareza os conceitos compreendidos e estudados durante a aula, ocorrendo ao final de cada etapa (apêndice A, B e C), assim como uma avaliação diagnóstica aplicada na semana seguinte à aplicação do produto (apêndice D).

3.1.1 Explicação Teórica - Primeira Etapa

No início da atividade os alunos são indagados sobre as possíveis anomalias de visão e quais eles se recordam. Em seguida o professor apresenta as anomalias que são mais comuns, como a miopia, a hipermetropia, o astigmatismo, a presbiopia, a catarata e o estrabismo, ressaltando sempre as situações em que as pessoas podem adquirir uma dessas anomalias ou simplesmente nascer com alguma delas, que é o caso das situações congênitas. Tais situações são expostas com imagens bem claras e ilustrativas de cada situação com auxílio de uma apresentação de imagens.

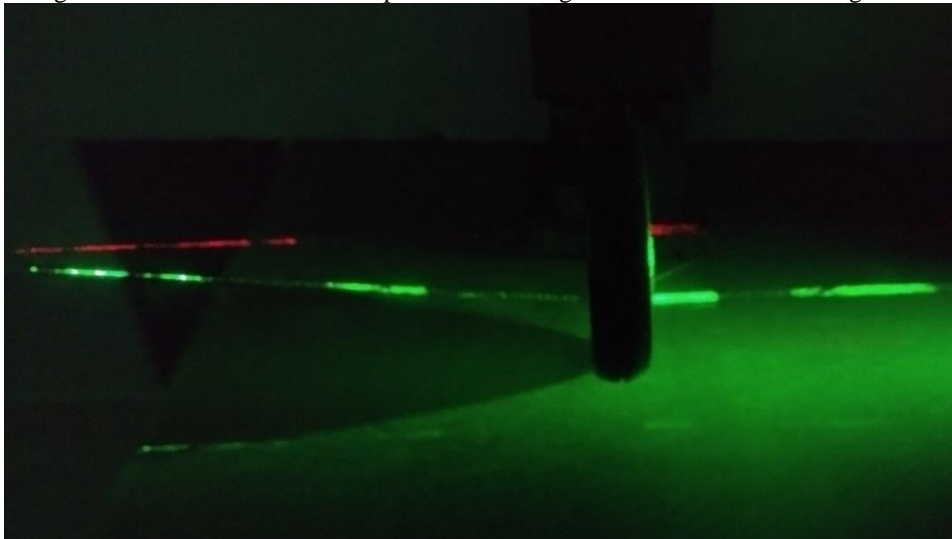
Após a indagação inicial é feita uma rápida verificação de quais alunos possuem determinada anomalia da visão e se eles sempre possuíam tal dificuldade. Então os alunos também são questionados sobre o que é o popular “grau” dos óculos utilizado por pessoas que possuem anomalias de visão, e o que esse “grau” significa. Em seguida são demonstradas as principais características e formas de lentes convergentes e divergentes para que os alunos criem uma maior afinidade com as lentes e em que situações podem ser utilizadas. Finalizando assim a primeira etapa com a escrita orientada (parte 1) realizada pelos alunos.

3.1.2 Desenvolvimento Experimental - Segunda Etapa

Com o auxílio de duas ponteiros laser simples, uma lente divergente, uma lente convergente e um desodorante aerosol, o professor realiza um simples experimento

demonstrativo, onde dois lasers são ligados de tal forma que seus feixes atravessem transversalmente uma lente, jogando-se em seguida, aerosol nos feixes ligeiramente antes e após a lente e, verificando-se assim a convergência e a divergência da luz nas respectivas lentes convergentes e divergentes conforme as fotografias 14, 15 e 16:

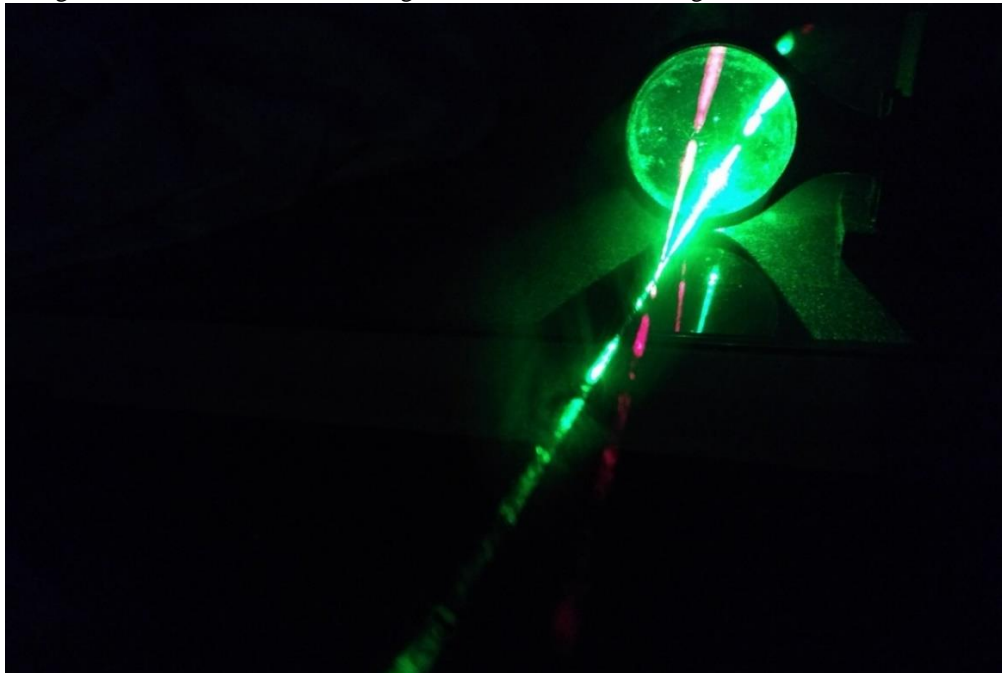
Fotografia 14 – Feixes de luz laser paralelos convergindo em uma lente convergente.



Feixes de luz laser paralelos convergindo em uma lente convergente com emissão de luz da direita para a esquerda da fotografia (visão lateral).

Fonte: Autor.

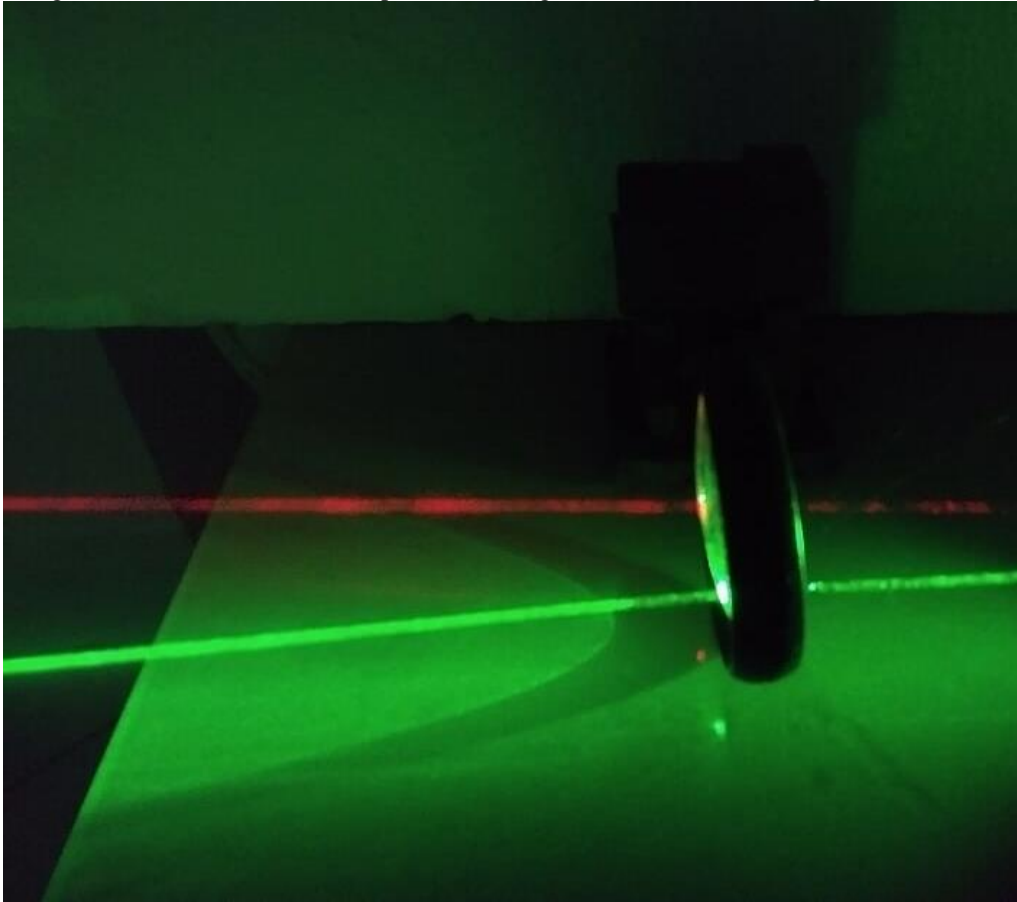
Fotografia 15 – Feixes de luz convergindo em uma lente convergente.



Feixes de luz laser convergindo em uma lente convergente vista da direção contrária à de propagação do feixe de luz.

Fonte: Autor.

Fotografia 16 – Feixes de luz laser paralelos divergindo em uma lente divergente.



Feixes de luz laser paralelos divergindo em uma lente divergente com emissão de luz da direita para a esquerda da fotografia (visão lateral).

Fonte: Autor.

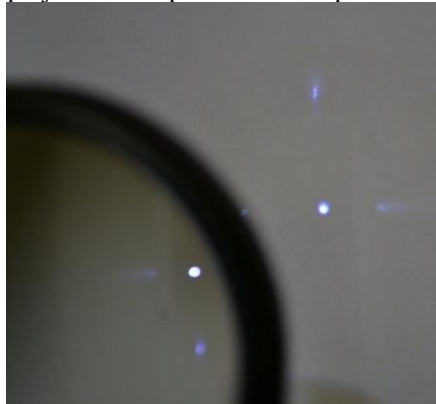
Após a demonstração da situação o professor faz a representação do experimento num esquema bidimensional para tornar mais evidente o fenômeno em duas dimensões a fim de que o experimento fique mais enfático.

Então o professor continua explanando que lentes convergentes e divergentes possuem formatos diferentes, com superfícies, dependendo da lente, que podem ser côncavas e convexas e que a convexidade depende do raio da circunferência da superfície da lente.

Agora os alunos trabalham investigando algumas situações específicas que acontecem com lentes convergentes. Os alunos variam a distância (grandes e pequenas) entre o iluminador e a lente e estudam o tipo de imagem formada. Na atividade os alunos discutem a diferença entre imagem real e virtual.

Em seguida o professor deixa o anteparo a uma distância relativamente longe do iluminador (aproximadamente 10 metros ou mais). Então aproxima-se uma lente convergente biconvexa do anteparo até que a imagem formada no anteparo fique focalizada (fotografia 17).

Fotografia 17 – Imagem do iluminador (objeto) com uma distância superior a dez metros do centro óptico da lente sendo projetada na superfície do anteparo.



Fonte: Autor.

Aproveitando-se da situação, o professor explora a situação. Explora a formação dessa imagem que está projetado sobre o anteparo. É uma imagem real, pois ela está projetada, portanto, parte da luz que está vindo de longe, se espalhando de cada led de forma divergente, passa pela lente e forma a imagem. Na condição exposta pode-se assumir que a luz que passa pela lente é composta de feixes que se propagam quase que paralela ao eixo principal da mesma (eixo ótico), pois a distância é relativamente grande em relação à distância focal da lente. Ou seja, os feixes de luz que passam pela lente se comportam como feixes provenientes do infinito conforme a representação de raios paraxiais da teoria da óptica. Portanto, a distância entre a lente e aquele ponto formado no anteparo é igual à distância do foco da lente e , o plano do anteparo (que é um plano normal ao eixo ótico) em que a imagem é projetada é chamado de plano de focalização. Especificamente neste caso o plano de focalização contém o ponto de foco, por isso estão a mesma distância da lente.

Após isto o professor mostra aos alunos imagens e representações que facilitam o fechamento da visualização daquilo que foi analisado nesta etapa do experimento. Apresentando-lhes então a equação de Gauss junto com a situação do experimento e esclarecendo o que seria na equação e no experimento: o foco da lente (f), distância do objeto até a lente (p) e a distância entre a lente e o plano de focalização (q), ressaltando também que, neste caso, como a distância p é relativamente grande em relação ao foco da lente f podemos considerar a distância como sendo infinita, ou seja, $p \gg f$ ou $p = \infty$. Portanto uma breve análise da equação de Gauss apresentada aos alunos indica que:

$$p = \infty \quad (1)$$

Então:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \quad (2)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{q} \quad (3)$$

$$\frac{1}{f} = 0 + \frac{1}{q} \quad (4)$$

$$f = q \quad (5)$$

Então o professor reorganiza o experimento colocando o iluminador, apenas com o led central ligado, em uma posição um pouco maior do que duas vezes a distância focal. Agora o professor movimenta ao anteparo para encontrar o plano de focalização dessa nova condição experimental. (fotografias 18 e 19).

Fotografia 18 – Imagem projetada através de uma lente convergente com um objeto posicionado um pouco além de duas vezes a distância focal da lente.



O material preto e fosco foi colocado sobre a superfície da mesa para eliminar a luz refletida na superfície.

Fonte: Autor.

Fotografia 19 – Dimensão da imagem formada na condição do experimento da fotografia 18.



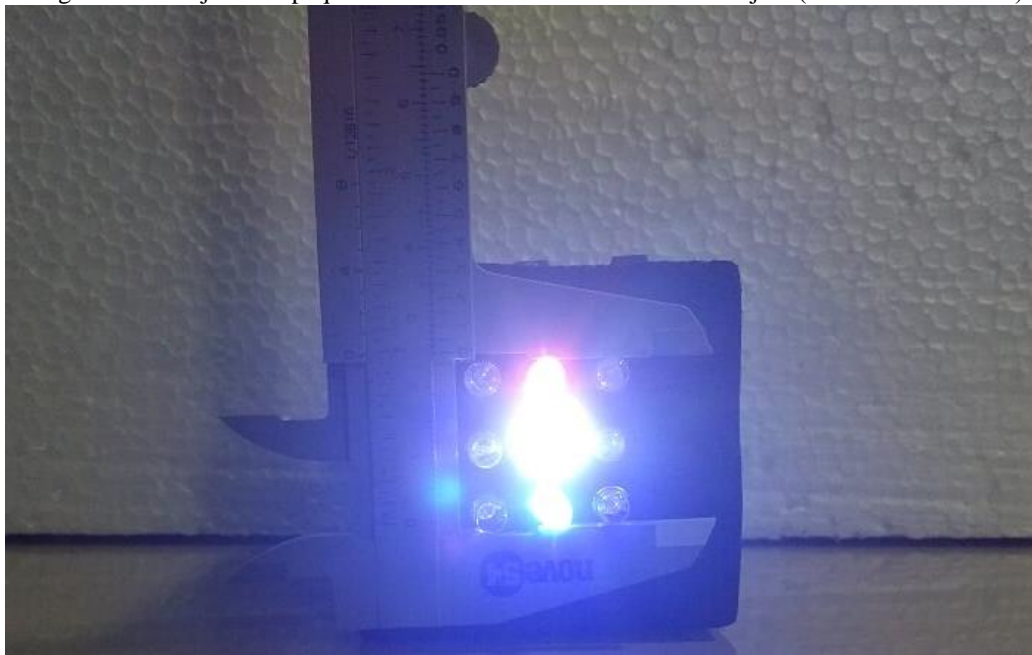
Condição do experimento da fotografia 7 em que um paquímetro é mantido com a dimensão da distância de separação entre os led's extremos da configuração do iluminador.

Fonte: Autor.

Dando continuidade, o professor questiona sobre o tamanho da imagem. Comparada aos tamanhos dos led's do objeto, ela é de mesmo tamanho, maior ou menor. Para averiguação o professor solicita que os alunos façam as mensurações com o auxílio de uma régua ou de um paquímetro, verificando-se que a imagem formada para essa situação é menor que a imagem do objeto (iluminador).

O professor reorganiza o experimento ajustando a distância entre o objeto e a lente num valor igual ao dobro da distância focal do lente. (fotografias 20, 21 e 22).

Fotografia 20 – Ajuste do paquímetro na dimensão do tamanho do objeto (led's do iluminador).



Fonte: Autor.

Fotografia 21 – Iluminador (objeto) posicionado à distância equivalente ao dobro da distância do foco da lente.



A imagem projetada no anteparo também possui o dobro da distância do foco da lente.

Fonte: Autor.

Fotografia 22 – Comparando o tamanho da imagem formada com o paquímetro que foi previamente ajustado na dimensão do objeto.



A imagem que aparece na parte superior é formada a partir da luz do iluminador que foi refletida na superfície da mesa de trabalho (trata-se da luz que ilumina a mesa na fotografia 10).

Fonte: Autor.

O professor na comparação demonstra que a imagem formada possui a mesma dimensão do objeto. Em seguida o professor realiza a análise da situação através da equação de Gauss. No experimento observa-se que para esta situação a distância q entre o plano de focalização e a lente e a distância p entre o iluminador (objeto) e a lente são iguais. Com isso o professor demonstra que se:

$$q = p \quad (6)$$

Então:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \quad (7)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{q} + \frac{1}{q} \quad (8)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{2}{q} \quad (9)$$

$$1q = 2f \quad (10)$$

$$2f = q \quad (11)$$

Agora o professor reorganiza o experimento aproximando um pouco o iluminador do ponto focal da lente. Em seguida, movimenta o anteparo até encontrar o plano de focalização, conforme mostrado nas fotografias 23 e 24.

Fotografia 23 – Condição experimental para a formação da imagem através de uma lente convergente com o objeto um pouco mais próximo do ponto de foco da lente.



Fonte: Autor.

Fotografia 24 – Projeção da fotografia 23 com o paquímetro ajustado para o tamanho do objeto (iluminador).

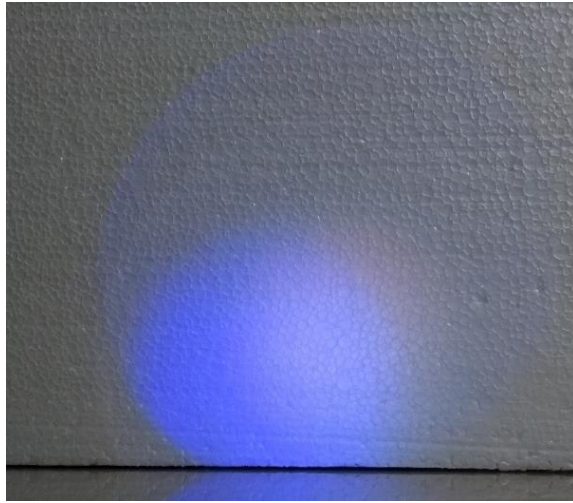


Fonte: Autor.

O professor observa que a imagem formada é maior do que o objeto conforme a fotografia 24.

O professor reorganiza o experimento colocando o iluminador na distância do ponto de foco da lente e move o anteparo para posicioná-lo no novo plano de focalização. O resultado é algo parecido com a imagem apresentada na fotografia 25.

Fotografia 25 – Tentativa de encontrar o plano de focalização de uma imagem (imprópria) nas proximidades de uma lente convergente com o objeto situado no foco da lente.



Fonte: Autor.

Então o professor direcionando a lente para uma parede relativamente distante (mais de 10 metros de distância) conforme a fotografia 26.

Fotografia 26 – Projeção da imagem numa parede a 10 metros de distância da lente convergente.

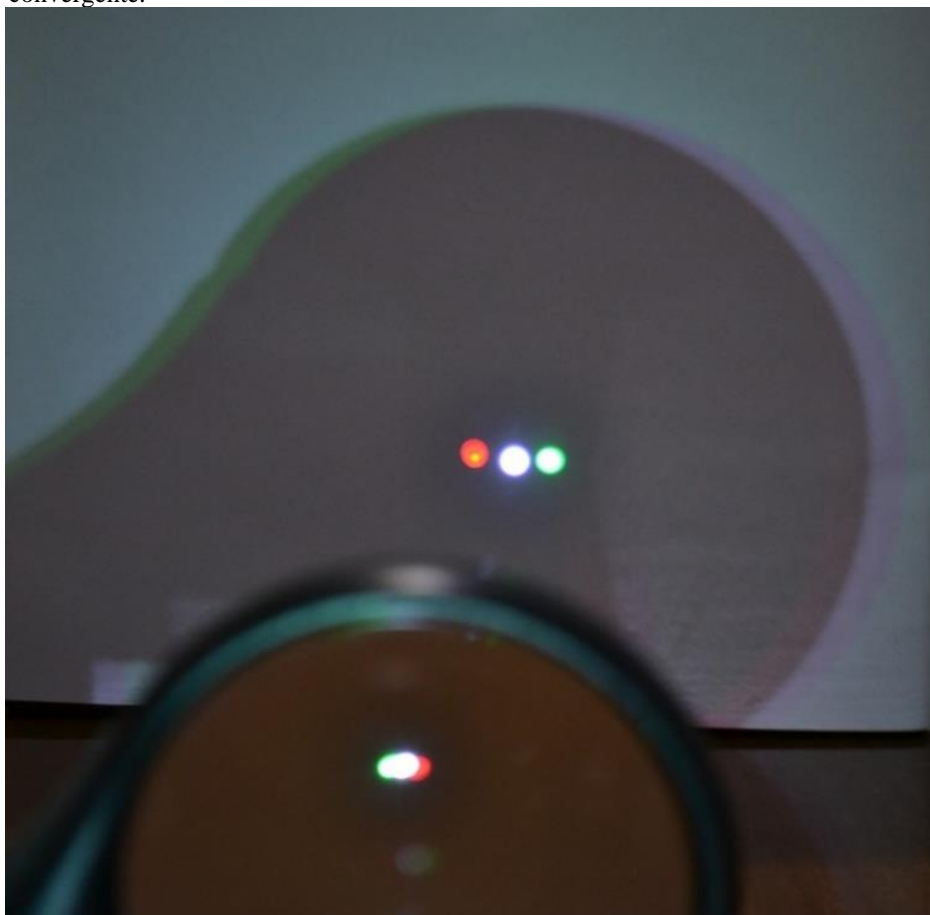


A imagem formada é real, maior e invertida do objeto indicando que o objeto não está exatamente no ponto focal.
Fonte: Autor.

Nesse experimento deve-se mover a lente até que a imagem não seja projetada pois trata-se de uma situação em que os raios que atravessam a lente se propagam paralelamente ao eixo óptico da lente. Mas na condição experimental apresentada na fotografia 26, fica registrado a ideia de que na condição do objeto estar no ponto focal, a imagem vai sendo formada cada vez mais num plano de focalização que se afasta da lente até chegar ao infinito.

A essa altura já houve a percepção por parte dos alunos de que todas as imagens formadas estavam invertidas, então professor questiona a definição de imagem invertida, demonstrando diferentes situações com a projeção dos led's na parede, concluindo então que a imagem invertida corresponde a uma imagem que sofreu uma rotação de 180° , em torno do eixo óptico, em relação a posição do objeto (iluminador), conforme as fotografias 27, 28, 29, 30 e 31.

Fotografia 27 – Inversão horizontal da imagem formada através de uma lente convergente.



Comparando com a imagem do iluminador que está sendo refletida na superfície da lente (que funciona com um espelho), temos a imagem do led vermelho formada no lado esquerdo do anteparo enquanto que no iluminador ele está do lado direito. A disposição das cores dos led's no iluminador pode ser visualizada na fotografia 5.

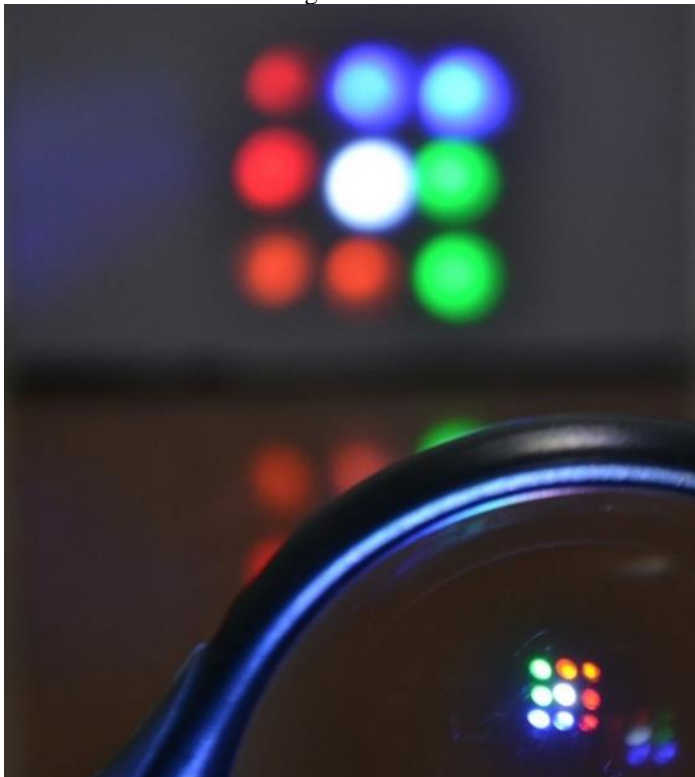
Fonte: Autor.

Fotografia 28 – Inversão vertical da imagem formada através de uma lente convergente.



Comparando com a imagem do iluminador que está sendo refletida na superfície da lente (que funciona com um espelho), temos a imagem do led vermelho no lado de cima enquanto que na imagem formada no anteparo ele aparece do lado de baixo.
Fonte: Autor.

Fotografia 29 – Inversão vertical e horizontal da imagem formada através de uma lente convergente.



Comparando com a imagem do iluminador que está sendo refletida na superfície da lente (que funciona com um espelho), percebe-se uma rotação de 180° na imagem do iluminador em relação a imagem formada no anteparo.
Fonte: Autor.

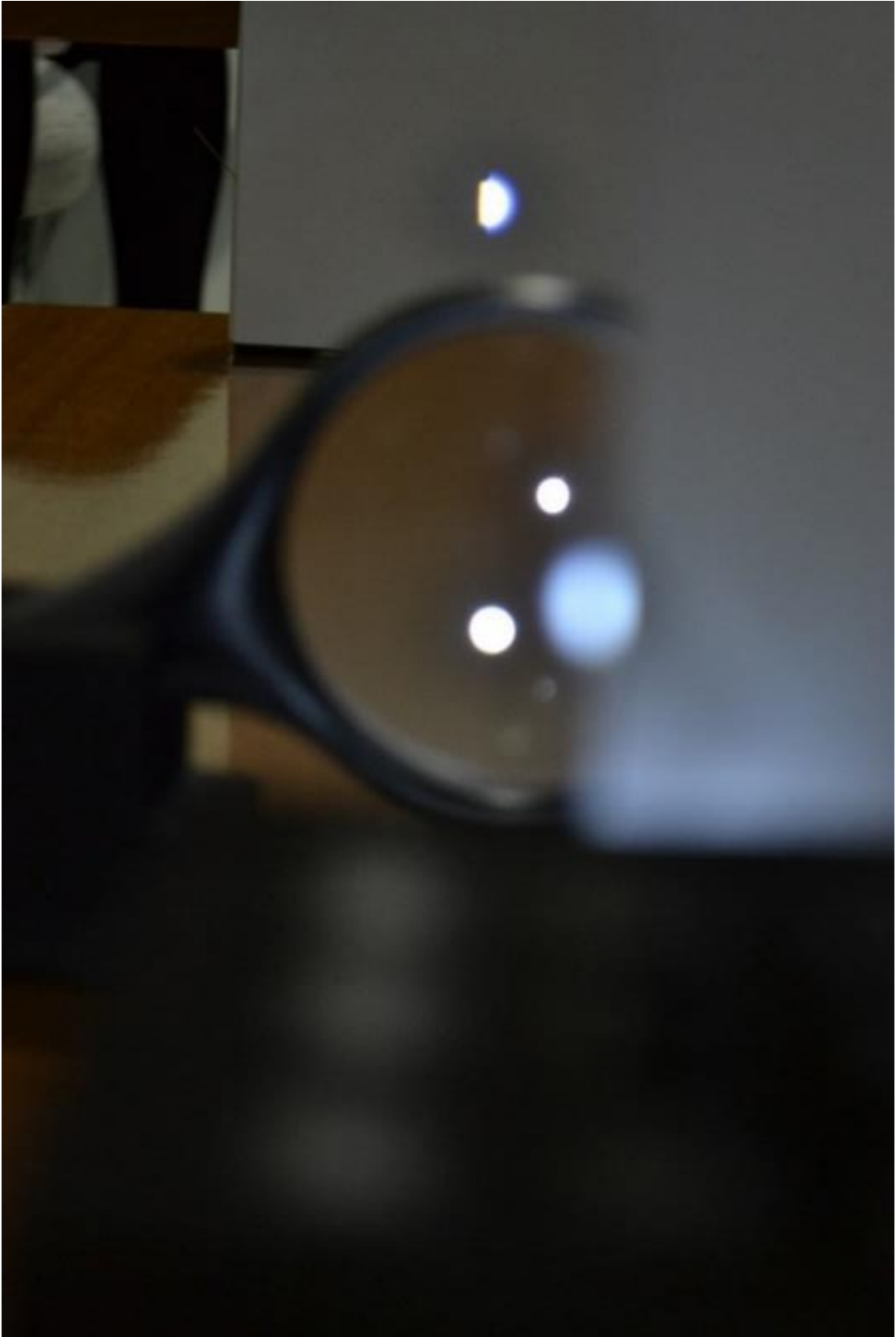
Por fim o professor posiciona o iluminador a uma distância um pouco maior do que a distância focal e ajusta a focalização do led central numa parede distante. O resultado é uma imagem circular. Agora ele questiona se aquela imagem é uma imagem invertida. Para demonstrar o resultado ele aproxima do led uma folha de papel da direita para a esquerda. O resultado é que a imagem começa a desaparecer da esquerda para a direita. Ele pode fazer o mesmo de cima para baixo e vice-versa.

Fotografia 30 – Detalhe de obstrução da luz do objeto (iluminador) pela direita antes da lente convergente na condição de imagem real e invertida.



Fonte: Autor.

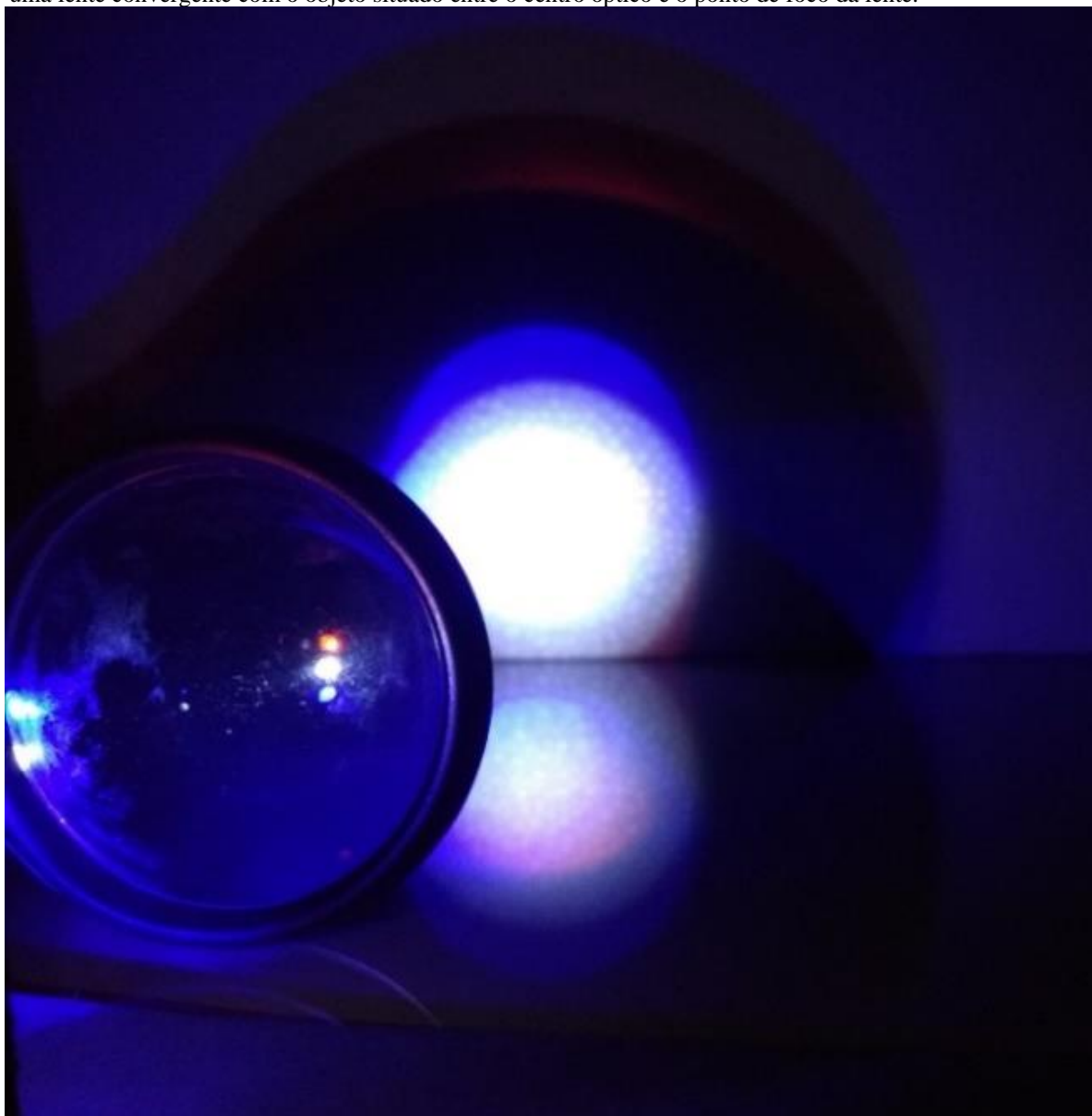
Fotografia 31 – Detalhe de obstrução da luz da imagem 30, com sua respectiva imagem invertida através da lente convergente.



Fonte: Autor

O professor reposiciona o iluminador para uma distância menor que o ponto de foco da lente. Ele movimenta o anteparo na tentativa de focalizar a imagem formada conforme a fotografia 32.

Fotografia 32 – Tentativa de encontrar o plano de focalização de uma imagem (virtual) nas proximidades de uma lente convergente com o objeto situado entre o centro óptico e o ponto de foco da lente.



Fonte: Autor.

Em seguida o professor realiza discute que a imagem não se forma no lado oposto do iluminador em relação à lente, se formando agora do mesmo lado sem inversão de imagem conforme a fotografia 33.

Fotografia 33 – Imagem virtual visualizada atrás da lente convergente de um objeto que está entre o centro óptico da lente e o ponto de foco.



Para comparação do tamanho da imagem, observa-se na fotografia que a imagem formada no reflexo na mesa tem o mesmo tamanho do objeto (iluminador), enquanto a imagem virtual da lente apresenta-se maior que o objeto.

Fonte: Autor.

Então o professor pede que os alunos olhem para dentro da lente para que consigam visualizar a imagem virtual.

Fotografia 34 – Imagem virtual visualizada atrás da lente convergente de um objeto que está entre o centro óptico da lente e o ponto de foco.



Tentativa de mostrar que a imagem virtual é maior, o paquímetro (pouco visível) a frente da lente que mantém travado o tamanho do objeto (iluminador).

Fonte: Autor.

Com a sequência experimental apresentada, fecha-se a etapa de aplicação do produto proposto, e os alunos realizam a segunda etapa com a escrita orientada (parte 2).

3.1.3 Aplicação às Anomalias da Visão - Terceira Etapa

Dando sequência às atividades o professor questiona os alunos sobre o que seria o “grau” de uma lente de óculos, demonstrando então aos alunos que o “grau” indica o nível de vergência de uma lente a partir do inverso do foco conforme a equação 12.

$$V = \frac{1}{f} \quad (12)$$

Então os alunos são convidados a medirem o foco e calcularem a vergência de duas lentes convergentes, sendo uma de lupa e a outra de uma lente de óculos.

Após a realização das medidas e dos cálculos, o professor explica aos alunos as características de dois pontos de referência da visão, o Ponto Próximo (PP) e o Ponto Remoto (PR), sendo que, para um olho sem anomalias o ponto próximo deve ser de aproximadamente 25 cm do olho e o ponto remoto deve estar no infinito.

Em seguida o professor pede aos alunos que em duplas, realizem a medida de seus respectivos pontos próximos e pontos remotos de seus olhos com o auxílio de régua e trena. Considera-se as equações 13 e 14 abaixo:

$$V = -\frac{1}{PR} \quad (13)$$

$$V = \frac{1}{0,25} - \frac{1}{PP} \quad (14)$$

O professor pede para que os alunos utilizem para verificar a vergência das lentes dos alunos que já possuem miopia ou hipermetropia diagnosticada assim como o cálculo de vergência da lente para uma possível miopia ou hipermetropia que os alunos possuam sem diagnóstico, atividade com intensão apenas de estimativa. O professor ressalta que qualquer diagnóstico oftalmológico deve ser realizado apenas pelo profissional da área (médico). E finaliza a terceira etapa com a escrita orientada (parte 3) realizada pelos alunos.

3.1.4 Aplicação da Avaliação Diagnóstica

Na semana seguinte a avaliação diagnóstica é realizada pelos alunos sem aviso prévio e sem consultas a nenhum material, finalizando assim a aplicação do produto educacional assim como a sua coleta de dados para análise.

4 CONCLUSÃO

Podemos concluir com esse trabalho que foi possível a obtenção de um produto educacional de alto padrão produzido a partir de materiais de baixo custo. Além disso o produto educacional possui a característica de poder ser produzido com facilidade pois sua base de fabricação é o E.V.A., um material de fácil manuseio, corte, colagem e processamento. Assim como sua aplicação pode ser feita em ambientes com baixa e com alta intensidade de luz, permitindo a sua utilização com boa efetividade em aulas diurnas e noturnas.

REFERÊNCIAS

FEYNMAN, R. P; LEIGHTON, R. B; SANDS, M. **Lições de Física**. Edição definitiva. Porto Alegre: Bookman, 2008.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física: óptica e física moderna**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 400 p.

APÊNDICE A – ESCRITA ORIENTADA (PARTE 1)



Nome: _____ Nº _____ Série: _____ Data: ____/____/____

ESCRITA ORIENTADA (PARTE 1)

01. Quais são os problemas de visão mais comuns em humanos?

02. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com miopia?

03. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com hipermetropia?

04. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com astigmatismo?

05. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com presbiopia?

06. O que é uma lente?

07. Quais são as principais características de uma lente?

08. O que é uma lente divergente?

09. O que é uma lente convergente?

10. O que é uma lente cilíndrica?

APÊNDICE B – ESCRITA ORIENTADA (PARTE 2)



Nome: _____ Nº _____ Série: _____ Data: ____/____/____

ESCRITA ORIENTADA (PARTE 2)

11. Quais são os problemas de visão mais comuns em humanos?

12. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com miopia?

- a) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais distantes.
- b) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais próximos.
- c) Dificuldade em focalizar a qualquer distância.
- d) Dificuldade de focalizar objetos por completo.

13. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com hipermetropia?

- a) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais distantes.
- b) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais próximos.
- c) Dificuldade em focalizar a qualquer distância.
- d) Dificuldade de focalizar objetos por completo.

14. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com astigmatismo?

- a) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais distantes.
- b) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais próximos.
- c) Dificuldade em focalizar a qualquer distância.
- d) Dificuldade de focalizar objetos por completo.

15. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com presbiopia?

- a) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais distantes.

- b) Dificuldade em focalizar objetos que estão mais próximos em geral.
- c) Dificuldade em focalizar a qualquer distância.
- d) Dificuldade de focalizar objetos por completo.

16. O que é uma lente?

- a) Material com índice de refração diferente do meio em que está inserido e que desvia a luz por meio da refração.
- b) Material com índice de refração idêntico do meio em que está inserido e que desvia a luz por meio da refração.
- c) Material com índice de refração diferente do meio em que está inserido e que desvia a luz por meio da difração.
- d) Material com índice de refração diferente do meio em que está inserido e que desvia a luz por meio da reflexão.

17. Quais são as principais características de uma lente?

18. O que é uma lente divergente?

- a) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a convergir em um único ponto, o foco da lente (imagem real).
- b) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a divergir em relação em um único ponto, o foco da lente (imagem virtual).
- c) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a convergir ou divergir em relação em uma linha, refratando a luz em um único eixo de direção.
- d) Material que não desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma que permanece sem a ocorrência de refração.

19. O que é uma lente convergente?

- a) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a convergir em um único ponto, o foco da lente (imagem real).
- b) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a divergir em relação em um único ponto, o foco da lente (imagem virtual).
- c) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a convergir ou divergir em relação em uma linha, refratando a luz em um único eixo de direção.

d) Material que não desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma que permanece sem a ocorrência de refração.

20. O que é uma lente cilíndrica?

a) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a convergir em um único ponto, o foco da lente (imagem real).

b) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a divergir em relação em um único ponto, o foco da lente (imagem virtual).

c) Material que desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma a convergir ou divergir em relação em uma linha, refratando a luz em um único eixo de direção.

d) Material que não desvia a luz que incide paralela ao eixo principal de forma que permanece sem a ocorrência de refração.

21. Descreva o que é o foco de uma lente:

22. Descreva o que é o ponto p medido no experimento:

23. Descreva o que é o ponto q medido no experimento:

24. Descreva o que é o plano de focalização:

25. Descreva qual é a característica centro de curvatura:

26. O que é uma imagem invertida em uma lente?

27. O que é uma imagem no infinito?

28. Descreva a diferença entre uma imagem real e uma imagem virtual:

APÊNDICE C – ESCRITA ORIENTADA (PARTE 3)



Nome: _____ N° _____ Série: _____ Data: ____/____/____

ESCRITA ORIENTADA (PARTE 3)**29.** Quais são os problemas de visão mais comuns em humanos?

30. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com miopia?

31. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com hipermetropia?

32. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com astigmatismo?

33. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com presbiopia?

34. O que é uma lente?

35. Quais são as principais características de uma lente?

36. O que é uma lente divergente?

37. O que é uma lente convergente?

38. O que é uma lente cilíndrica?

39. O foco de uma lente:

- a) é o prolongamento dos raios luminosos que divergem de um ponto virtual.
- b) é convergência dos raios luminosos em um ponto real.
- c) é a distância entre o centro óptico e o ponto onde os raios convergem ou divergem em um ponto.
- d) é a distância entre o centro óptico de uma lente e seu centro de curvatura.

40. O ponto p medido no experimento é:

- a) a distância entre o objeto e a lente.
- b) a distância entre a imagem e a lente.
- c) a distância entre o foco e a lente.
- d) a região do espaço em que é possível visualizar a imagem formada, estando à distância q do centro ótico.
- e) a distância que corresponde ao dobro da distância focal.

41. O ponto q medido no experimento é:

- a) a distância entre o objeto e a lente.
- b) a distância entre a imagem e a lente.
- c) a distância entre o foco e a lente.
- d) a região do espaço em que é possível visualizar a imagem formada, estando à distância q do centro ótico.
- e) a distância que corresponde ao dobro da distância focal.

42. O plano de focalização é:

- a) a distância entre o objeto e a lente.
- b) a distância entre a imagem e a lente.
- c) a distância entre o foco e a lente.

- d) a região do espaço em que é possível visualizar a imagem formada, estando à distância q do centro ótico.
- e) a distância que corresponde ao dobro da distância focal.

43. O centro de curvatura é:

- a) a distância entre o objeto e a lente.
- b) a distância entre a imagem e a lente.
- c) a distância entre o foco e a lente.
- d) a região do espaço em que é possível visualizar a imagem formada, estando à distância q do centro ótico.
- e) a distância que corresponde ao dobro da distância focal.

44. A imagem invertida em uma lente por uma lente convergente:

- a) corresponde à rotação de 180° na imagem em relação ao objeto.
- b) corresponde a uma imagem com distância superior à aproximadamente 10 metros.
- c) corresponde a uma imagem que pode ser projetada.
- d) corresponde a uma imagem formada por prolongamentos de raios luminosos.

45. Um objeto no infinito:

- a) corresponde à rotação de 180° na imagem em relação ao objeto.
- b) corresponde a um objeto com distância superior à aproximadamente 10 metros.
- c) corresponde a uma imagem que pode ser projetada.
- d) corresponde a uma imagem formada por prolongamentos de raios luminosos.

46. Uma imagem virtual:

- a) corresponde à rotação de 180° na imagem em relação ao objeto.
- b) corresponde a uma imagem com distância superior à aproximadamente 10 metros.
- c) corresponde a uma imagem que pode ser projetada.
- d) corresponde a uma imagem formada por prolongamentos de raios luminosos.

47. Qual é a relação matemática ao considerar-se que $p=\infty$ na equação de Gauss? O que significa isso?

48. Considerando que a distância focal de uma determinada lente é igual a 10 cm:

a) Qual será a distância do plano de focalização em relação ao centro óptico para um objeto à 50 cm de distância?

b) Qual será a distância do plano de focalização em relação ao centro óptico para um objeto à 1,2 m de distância?

c) O ponto q será igual à distância focal em alguma das situações acima?

d) Qual será o valor do centro de curvatura dessa lente?

e) Qual será a vergência dessa lente?

49. Qual é a distância do ponto próximo (PP) e do ponto remoto (PR) dos seus olhos.

50. Caso fosse necessária uma lente para corrigir um suposto problema de sua visão:

a) Qual seria a diopia da lente para o caso de miopia?

b) Qual seria a dioptria da lente para o caso de hipermetropia?

APÊNDICE D – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA



Nome: _____ Nº _____ Série: _____ Data: ____/____/____

AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

01. Quais são os problemas de visão mais comuns em humanos?

02. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com miopia?

03. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com hipermetropia

04. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com astigmatismo?

05. Qual seria a dificuldade óptica de uma pessoa com presbiopia?

06. O que é uma lente?

07. Quais são as principais características de uma lente?

08. O que é uma lente divergente?

09. O que é uma lente convergente

10. O que é uma lente cilíndrica?

11. Descreva o que é o foco de uma lente:

12. Descreva o que é o ponto p medido no experimento:

13. Descreva o que é o ponto q medido no experimento:

14. Descreva o que é o plano de focalização:

15. Descreva qual é a característica centro de curvatura:

16. O que é uma imagem invertida em uma lente?

17. O que é uma imagem no infinito?

18. Descreva a diferença entre uma imagem real e uma imagem virtual:

19. Qual é a relação matemática ao considerar-se que $p=\infty$ na equação de Gauss? O que significa isso?

20. Considerando que a distância focal de uma determinada lente é igual a 20 cm:

a) Qual será a distância do plano de focalização em relação ao centro óptico para um objeto à 40 cm de distância?

b) Qual será a distância do plano de focalização em relação ao centro óptico para um objeto à 2,1 m de distância?

c) O ponto q será igual à distância focal em alguma das situações acima?

d) Qual será o valor do centro de curvatura dessa lente?

e) Qual será a vergência dessa lente?
