



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA

ANTÔNIO ROCHA MIRANDA

CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO POR ESTUDANTES DO
ENSINO MÉDIO FUNDAMENTADO EM MODELOS ANALÓGICOS

BELO HORIZONTE

2021



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA

ANTÔNIO ROCHA MIRANDA

CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO POR ESTUDANTES DO
ENSINO MÉDIO FUNDAMENTADO EM MODELOS ANALÓGICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Ivo de Jesus Ramos

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Leila Saddi Ortega

BELO HORIZONTE

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

M672c Miranda, Antônio Rocha.
Construção do conhecimento por estudantes do Ensino Médio
fundamentado em modelos analógicos. / Antônio Rocha Miranda. – Belo
Horizonte : CEFET-MG, 2021.
157 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Ivo de Jesus Ramos.
Dissertação (mestrado) – Programa de Pós Graduação em Educação
Tecnológica.

1. Modelos Analógicos. 2. Analogias - Modelos. 3. Vícios de refração
do olho humano. 4. Ensino de Ciências. I. Ramos, Ivo de Jesus. II. CEFET-
MG. III. Título.

CDD: 371.911

Bibliotecária: Sônia Miranda de Oliveira – CRB 6 / 1381

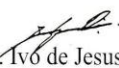


CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA - PPGET
Portaria MEC nº. 1.077, de 31/08/2012, republicada no DOU em 13/09/2012

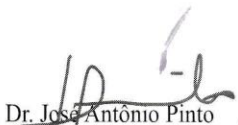
Antônio Rocha Miranda

**“CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO POR ESTUDANTES DO ENSINO
MÉDIO FUNDAMENTADO EM MODELOS ANALÓGICOS”**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, em 29 de junho de 2021, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica, aprovada pela Comissão Examinadora de Defesa de Dissertação constituída pelos professores:


Prof. Dr. Ivó de Jesus Ramos – Orientador
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Prof.^a Dr.^a Leila Saddi Ortega – Coorientadora
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais


Prof. Dr. José Antônio Pinto
Universidade Federal de Alfenas


Prof.^a Dr.^a Elisângela Aparecida Lopes
Instituto Federal do Sul de Minas Gerais

*Para minha esposa Tatiane e minhas
filhas Amanda e Esther. O amor de vocês é o
que me move. Obrigado pela compreensão e
carinho durante este período no qual não
pude dedicar-lhes a devida atenção.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas pessoas maravilhosas que colocou em minha vida e que contribuíram diretamente ou indiretamente para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos meus pais José e Mirtes, por terem me indicado a educação como elemento indispensável de transformação para a vida.

À minha esposa Tatiane e minhas filhas Amanda e Esther por me incentivarem constantemente para que eu não desistisse desse sonho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ivo de Jesus Ramos pela inspiração, competência acadêmica, simplicidade, empolgação diante da vida, por acreditar no meu potencial, pela paciência, dedicação em me auxiliar na construção desse trabalho, e principalmente, por me mostrar novas possibilidades para o ensino e aprendizagem da Física.

À minha coorientadora Prof^a Dr^a. Leila Saddi Ortega, pela paciência, envolvimento, engajamento, competência acadêmica e significativas contribuições durante todo o processo.

Ao meu amigo Prof. Dr. Renato Pontone Junior por apontar o caminho, para que tudo isso fosse possível.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Luiz Nagem pela amizade, companheirismo, carinho e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Alexandre da Silva Ferry, pela amizade, respeito, ensinamentos, sempre com ética e paixão pelo trabalho na educação.

Ao CEFET-MG e todos os professores do Mestrado em Educação Tecnológica do CEFET-MG, especialmente ao Prof. Dr. José Geraldo Pedrosa pela acolhida e competência acadêmica.

Aos amigos do AMTEC-GEMATEC por todas as contribuições, tão decisivas para o êxito deste trabalho.

À Direção do Colégio Santa Marcelina de Belo Horizonte pelo auxílio para implementação dessa pesquisa.

Aos queridos estudantes participantes desta pesquisa.

“Um livro é a prova de que os homens são capazes de fazer magia.”

(SAGAN, 1980).

RESUMO

Este estudo teve como propósito analisar de que forma os processos de ensino e de aprendizagem, mediados por modelos analógicos fundamentados em analogias, favorecem a construção de conhecimentos por estudantes do Ensino Médio, em particular, no conteúdo de Óptica Geométrica da Física. Ele se insere na linha IV – Práticas Educativas em Ciências e Tecnologia do Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). A pesquisa seguiu uma abordagem qualitativa e com procedimento metodológico de pesquisa-ação. Sustentou-se teoricamente na Aprendizagem Significativa proposta por Ausubel (1982) e a Formação do Espírito Científico proposto por Bachelard (1996), mais especificamente nos obstáculos epistemológicos encontrados pelos estudantes no processo de aprendizagem em Ciências. Quatorze estudantes do Ensino Médio colaboraram com a pesquisa, participando de atividade desenvolvida por meio de uma sequência didática, com foco na construção de modelos analógicos, para representar os vícios de refração do olho humano (ametropias). Para obtenção dos dados foram aplicados dois questionários um pré e outro pós-atividade além das observações e registros realizados pelo pesquisador. Os resultados sinalizaram que a atividade proporcionou um melhor entendimento dos conceitos dos vícios refrativos da visão humana, ou seja, os modelos analógicos construídos pelos participantes contribuíram para a apropriação de conhecimento pelos estudantes.

Palavras-chave: Modelos Analógicos. Analogias. Modelos. Vícios de refração do olho humano. Ensino de Ciências.

ABSTRACT

This study aimed to analyze how the teaching and learning processes, mediated by analog models based on analogies, favor the construction of knowledge by high school students, in particular, in the content of Geometrical Optics of Physics. It is part of line IV – Educational Practices in Science and Technology of the Postgraduate Program in Technological Education of the Federal Center for Technological Education of Minas Gerais (CEFET-MG). The research followed a qualitative approach and the methodological procedure of action research. It was theoretically supported by the Meaningful Learning proposed by Ausubel (1982) and the Formation of the Scientific Spirit proposed by Bachelard (1996), more specifically on the epistemological obstacles encountered by students in the learning process in Science. Fourteen high school students collaborated with the research, participating in an activity developed through a didactic sequence, focusing on the construction of analog models, to represent the refractive vices of the human eye (ametropias). To obtain the data, two questionnaires were applied, one before and one after the activity, in addition to the observations and records made by the researcher. The results indicated that the activity provided a better understanding of the concepts of refractive addictions in the human vision, that is, the analog models built by the participants contributed to the appropriation of knowledge by the students.

Keywords: Analog Models. Analogies. Models. Refraction vices of the human eye. Science teaching

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Perfil de Sexo dos Participantes	68
Gráfico 2 - Número de participantes <i>versus</i> idade.....	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Artigos localizados nas bases pesquisadas	32
Quadro 2 - Partes do olho humano	81
Quadro 3 - Frequência das partes do olho citadas	82
Quadro 4 - Partes do Olho Humano citadas Pós-atividade	93
Quadro 5 - Frequência das partes do olho citadas	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Artigos localizados nas bases pesquisadas	31
Tabela 2 - Tipo de rede de ensino.....	69
Tabela 3 - Categorias de conceitos de modelo.....	70
Tabela 4 - Categorias de conceitos de analogia.....	72
Tabela 5 - Categorias de exemplos de analogia	75
Tabela 6 – Categorias de vícios refrativos	77
Tabela 7 - Categorias de tipos ametropias	78
Tabela 8 - Explicações das Ametropias	79
Tabela 9 - Explicações das funções das partes do olho humano	83
Tabela 10 - Análise das partes descritas corretamente pelos participantes	84
Tabela 11 - Comparação entre as partes do Olho Humano citadas	95
Tabela 12 - Partes explicadas pelos participantes	97
Tabela 13 - Vivência de uma Metodologia de Ensino e Aprendizagem com o uso de Modelos	98

LISTA DE SIGLAS

AMTEC	Analogias e Metáforas na Tecnologia, na Educação e na Ciência
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CEFET-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CEP	Comitê de ética em pesquisa
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CSMBH	Colégio Santa Marcelina de Belo Horizonte
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
GEMATEC	Grupo de Estudos em Metáforas, Modelos e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
PPGET	Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica
TALE	Termo de assentimento Livre e Esclarecido
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Justificativa	21
1.2	Sobre o pesquisador.....	28
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	31
3	REFERENCIAL TEÓRICO	39
3.1	Teoria da aprendizagem significativa	45
3.2	Formação do espírito científico.....	51
4	METODOLOGIA.....	60
4.1	Da revisão bibliográfica	61
4.2	Do caminho burocrático	62
4.3	Da sequência didática	64
4.4	Dos questionários	65
4.5	Da validação dos questionários.....	66
4.6	Da observação	66
4.7	Dos dados	67
5	Apresentação e análise de dados	68
5.1	Dados dos perfis dos participantes.....	68
5.2	Dados sobre os conhecimentos prévios dos participantes	70
5.3	Categorias de conceitos de analogia dos participantes enquanto concepções prévias	72
5.4	Exemplos de analogias dos participantes enquanto concepções prévias	74
5.5	Categorias de vícios refrativos apresentadas pelos participantes enquanto concepções prévias.....	76
5.6	Categorias de tipos de ametropias apresentadas pelos participantes enquanto concepções prévias	78
5.7	Categorias explicações para as ametropias citadas pelos participantes enquanto concepções prévias	79
5.8	Categorias quantidades de partes do olho humano citados pelos participantes enquanto concepções prévias.....	80
5.9	Categorias das explicações das funções das partes do olho humano citadas pelos participantes enquanto concepções prévias	83

5.10	Nossas observações durante a sequência didática.....	86
5.10.1	No primeiro e segundo módulos.....	86
5.10.2	No terceiro, quarto e quinto módulos.....	87
5.10.3	No sexto e sétimo módulos	88
5.11	Dados do questionário pós-atividade.....	89
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
	APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PRÉ-ATIVIDADE.....	116
	APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO PÓS-ATIVIDADE	117
	APÊNDICE C - TALE PARA PARTICIPANTES MENORES DE IDADE	119
	APÊNDICE D - TCLE PARA PARTICIPANTES MAIORES DE IDADE.....	124
	APÊNDICE E - TALE PARA RESPONSÁVEIS DE PARTICIPANTES MENORES DE IDADE	128
	APÊNDICE F – TCLE PARA PROFESSORES PARTICIPANTES	133
	APÊNDICE G - QUADRO REFERENTE A QUESTÃO 01 DO QUESTIONÁRIO PRÉ-ATIVIDADE	137
	APÊNDICE H - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 05 DO QUESTIONÁRIO PRÉ-ATIVIDADE	138
	APÊNDICE I - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 06 DO QUESTIONÁRIO PRÉ-ATIVIDADE	139
	APÊNDICE J - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 07 DO QUESTIONÁRIO PRÉ-ATIVIDADE	140
	APÊNDICE K - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 08 DO QUESTIONÁRIO PRÉ-ATIVIDADE	141
	APÊNDICE L - QUADRO REFERENTE A QUESTÃO 09 DO QUESTIONÁRIO PRÉ-ATIVIDADE	142
	APÊNDICE M – QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 10 DO QUESTIONÁRIO PRÉ-ATIVIDADE.....	143
	APÊNDICE N - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 11 DO QUESTIONÁRIO PRÉ-ATIVIDADE	144
	APÊNDICE O - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 01 DO QUESTIONÁRIO PÓS-ATIVIDADE - PARTE I	146
	APÊNDICE P: TABELA REFERENTE À QUESTÃO 02 DO QUESTIONÁRIO PÓS-ATIVIDADE - PARTE I	147

APÊNDICE P - TABELA REFERENTE À QUESTÃO 01 DO QUESTIONÁRIO PÓS-ATIVIDADE - PARTE II	149
APÊNDICE Q - TABELA REFERENTE À QUESTÃO 02 DO QUESTIONÁRIO PÓS-ATIVIDADE - PARTE II	150
APÊNDICE R - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 03 DO QUESTIONÁRIO PÓS-ATIVIDADE - PARTE II	152
APÊNDICE S - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 04 DO QUESTIONÁRIO PÓS-ATIVIDADE - PARTE II	153
APÊNDICE T - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 05 DO QUESTIONÁRIO PÓS-ATIVIDADE - PARTE II	154
APÊNDICE U - QUADRO REFERENTE A QUESTÃO 01 DO QUESTIONÁRIO PÓS-ATIVIDADE - PARTE III	155
APÊNDICE V - TABELA REFERENTE A QUESTÃO 02 DO QUESTIONÁRIO PÓS-ATIVIDADE - PARTE III	156
ANEXO A - CENSO ESCOLAR 2019	157

1 INTRODUÇÃO

Este estudo, inserido no Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG, em Práticas Educativas em Ciências e Tecnologia (Linha IV), teve como objetivo analisar de que forma os processos de ensino e de aprendizagem mediados por modelos fundamentados em analogias favorecem a construção de conhecimentos por estudantes do Ensino Médio, em particular, no conteúdo de Óptica Geométrica da Física? Mais especificamente, pretendeu-se investigar de qual forma os processos criativos e de lógica, presentes na construção de modelos analógicos, operam como processo fundamental no ensino e na aprendizagem de Física, bem como compreender de maneira geral, como as atividades de construção de modelos analógicos atuam nos processos de ensino e de aprendizagem de Ciências e examinar como ocorre a apropriação de conhecimentos por meio de modelos analógicos desenvolvidos a partir de conceitos científicos, no caso específico, o ensino dos vícios refrativos do olho humano (ametropias).

É notório que professores costumam adotar, no ensino de Ciências, os métodos empíricos idênticos aos que foram utilizados com eles quando estudantes. Na maioria das vezes, limitam-se a repetir procedimentos com os quais aprenderam em sua trajetória formativa.

Para Bettiol (2012), a educação formal tem como objetivo principal, o ensino de conteúdos, o sentido de conhecimentos, valores e formar um cidadão crítico capaz de entender a sociedade de seu tempo. Para tal, são necessárias estratégias didáticas que possibilitem o desenvolvimento de uma educação crítica, minimizando a memorização de conteúdos a partir do uso do livro didático. Nesse sentido, o ensino de Ciências, em particular, pode contribuir com esse objetivo, pois se sabe que as tendências atuais para o ensino de Ciências, apresentam a preocupação com o conhecimento prévio dos estudantes sobre conceitos científicos e a oposição ao ensino tradicional, não se prendendo somente ao uso do livro didático articulado à oralidade e escrita do professor e sim, fazendo com que o aluno tenha uma participação ativa.

Na prática, observa-se que, ainda são tímidos, os esforços dos professores de Ciências para mudarem seus planejamentos de ensino e passarem a utilizá-los por meio da introdução de estratégias com o uso de modelos analógicos, mesmo que ainda, o objetivo não tenha sido alcançado. É importante salientar que a intenção deles pode estar vinculada ao pensamento de controle do processo, pois é possível que, por estarem familiarizados com cada etapa do processo vivido em suas formações, eles possam visualizar melhor esse processo educativo. Uma metodologia e mecanismo novo ou desconhecido de ensino, pode de alguma forma, lhes ser desconfortável (NICOLA; PANIZ, 2016).

Nesse sentido, para Ferry; Assis e Grangeiro (2019) o caráter demasiadamente complexo e abstrato de objetos de conhecimento das Ciências, frequentemente leva professores a estabelecerem analogias e a construir modelos em sala de aula. Contudo, essa prática educativa normalmente ocorre sem planejamento e a devida reflexão.

Nos últimos anos, a educação tem sofrido várias mudanças. Tais mudanças têm como objetivo propiciar, por meio de práticas pedagógicas, o desenvolvimento de estudantes autônomos e críticos com a realidade pessoal e coletiva. Esse fato pode ser observado com as propostas atuais de metodologias ativas, que colocam os estudantes como protagonistas na construção de seus conhecimentos, ou até mesmo, pelo texto da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Diante desse quadro, algumas escolas têm buscado propostas metodológicas alternativas que possam suprir as necessidades dessa nova demanda do processo educativo, no qual se faz necessário propiciar aos professores estratégias eficientes e capazes de permitirem aos estudantes a construção de seu próprio conhecimento.

De acordo com Justi e Gilbert (2006), os modelos desempenham um papel relevante no ensino de ciências, pois, podem ser utilizados em várias situações. Eles entendem que os modelos favorecem a representação de fenômenos complexos; possibilitam abstrações importantes e possibilitam visualizações dos elementos da entidade científica modelada, além de permitir que previsões sejam feitas, com uma base para a interpretação de resultados experimentais, permitirem também, que explicações sejam fundamentadas em conhecimentos científicos.

Nesse contexto, os modelos analógicos no ensino de ciências podem contribuir de forma eficaz, para tornar os processos de ensino e de aprendizagem mais eficientes, tendo em vista que levam em conta as diferenças entre os

estudantes e valorizam a participação investigativa individual, com a intenção de despertar o interesse e a participação para uma aprendizagem mais consistente.

Para Justi e Gilbert (2002), o uso dos modelos analógicos na construção do conhecimento científico pelos estudantes, em nossas escolas, têm sido feito por muitos professores sem a devida preocupação com a eficiência destes nos processos de ensino e de aprendizagem. Dessa forma, faz-se necessário investigar se o uso de modelos didáticos, concebidos com a participação efetiva de estudantes, pode promover a construção de um saber pensar científico de forma mais eficiente. De maneira análoga, ao pensamento de Bachelard (1996), infere-se que os modelos analógicos são importantes instrumentos para formação do espírito científico, ou seja, importante para o pensar científico, tendo em vista que os modelos ajudam a não blindar o processo cognitivo do estudante, propiciando a ele interagir com o objeto de conhecimento.

Para tanto, os docentes devem se atentar ao fato científico em si, tendo esses mecanismos como meios de aproximação do conhecimento científico, ou seja, como uma ponte necessária para a construção do conhecimento e não como a finalidade deste. Nessa linha de pensamento, o saber pensar científico, Poincaré (1985, p.115), apresenta a seguinte analogia: “Ciência é feita de fatos, como uma casa é feita de pedras, mas uma coleção de fatos não é mais uma ciência do que um monte de pedras é uma casa”. Nessa analogia que uma pilha de pedras não são necessariamente uma casa, da mesma forma, que uma coleção de fatos não é ciência, ou seja, é relevante que haja uma organização precisa dos acontecimentos, por meio de atividades sequenciadas, para que possa favorecer a construção do conhecimento. Assim, é possível entender que, nos processos de ensino e de aprendizagem com o uso de modelos analógicos, o estudante pode construir seu modelo mental de forma mais significativa. (JUSTI; GILBERT, 2006).

Conforme Brandão (1993), os processos de ensino e de aprendizagem, têm a capacidade de ocorrer em diferentes ambientes da escola, tais como: no laboratório de informática, no laboratório de ciências, na sala de aula, no pátio da escola etc. Dentre esses vários espaços existentes, a sala de aula, particularmente, é o espaço que proporciona o encontro e a interação entre professores e estudantes, fato esse que pode favorecer o processo de construção do conhecimento de maneira ativa, ou seja, isso é viabilizado pela investigação com o uso de modelos didáticos.

Nesse sentido, salienta-se que o uso de modelos analógicos na educação, em particular no ensino de ciências, vem sendo discutido por vários pesquisadores nas últimas décadas. De acordo com Oliva *et al.* (2001), essa discussão perpassa vários caminhos. Harrison e Treagust (2006), por exemplo, analisaram se as analogias poderiam ser ou não utilizadas nesses processos de construção de modelos. Eles chegaram à conclusão de que esse tipo de comparação é um ótimo mecanismo de ensino, porém, depende intrinsecamente, do conhecimento do educador, além do potencial de inferência do modelo. Da mesma forma, Clement (1993) verificou que o resultado obtido com a utilização das analogias na construção de modelos, não tem todas às vezes o efeito esperado na construção do conhecimento. Isso provavelmente deve estar associado ao desconhecimento dos estudantes a respeito de seu conhecimento prévio (domínio base), utilizado na construção do modelo analógico, uma vez que a falta de um conhecimento prévio gera um não entendimento do modelo analógico construído, visto que a comparação estabelecida objetivada não é entendida.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi construída uma sequência didática apresentada na metodologia da pesquisa. Essa sequência didática teve como base os resultados da:

- a) aplicação de questionário pré-atividade;
- b) atividade baseada na construção de modelos analógicos;
- c) aplicação de questionário pós-atividade.

Cabe destacar que o questionário pré-atividade (APÊNDICE A), teve como objetivo verificar as concepções prévias dos estudantes acerca das ametropias refrativas do olho humano e o questionário pós-atividade (APÊNDICE B), teve a intenção de verificar se houve, ou não, apropriação de conhecimentos científicos dos objetos de conhecimentos trabalhados durante a implementação das atividades.

1.1 Justificativa

O Censo Escolar publicado em 2020 (INSTITUTO, 2020) mostra que as escolas de maneira geral têm recursos tecnológicos adequados no ensino médio e que há internet disponível para os estudantes. Entretanto, quanto ao uso dos laboratórios de ciências, os dados revelam que os estudantes têm pouco acesso a eles. Talvez de maneira impensada, houve uma substituição de alguns espaços físicos na escola, tais como laboratórios de ciências, por outros como, por exemplo, laboratórios de informática, visando garantir uma aprendizagem mais eficiente. O fato é que os estudantes têm tido menos aulas em laboratórios. Tal conduta pode não influenciar de forma benéfica, os estudantes, no processo de construção de seus conhecimentos, pois substituir laboratórios de ciências por laboratórios de informática pode limitar a capacidade investigativa dos estudantes ao realizar uma atividade experimental, de maneira virtual. De acordo com Mendes (2018), sobre esse tipo de conduta, que não favorece a atividade investigativa, o físico teórico Albert Einstein, disse, em uma palestra no *Institution Smithsonian*, nos Estados Unidos, em fevereiro de 1979, que a imaginação é mais importante do que o conhecimento. Conhecimento é limitado. Imaginação engloba o mundo, (MENDES, 2018).

De maneira equivalente, Bachelard (1996), afirma que o conhecimento da realidade, é luz que sempre projeta algumas sombras. para a construção de novos conhecimentos. Ele nunca é imediato e pleno. O pensamento baseado na experiência torna-se claro depois, quando o conjunto de argumentos fica estabelecido. Contudo dessa forma, entende-se que quando não é oportunizado aos estudantes, o contato com estratégias diferenciadas para a investigação científica dentro das escolas e em ambientes distintos, corre-se o risco de limitar a capacidade criativa e investigativa deles, o que corresponde ao aspecto primordial na construção do conhecimento, uma vez que os aproxima da realidade. Verifica-se que esses ambientes são vitais para permear a construção do conhecimento pelos estudantes, logo não se deve substituir um pelo outro, mas sim, promover um compartilhamento por meio de atividades didático-pedagógicas planejadas, nas quais se aproveite melhor todos os espaços da escola, visando assim, uma melhor abordagem dos conteúdos conceituais escolares. Neste contexto se destaca a importância da

investigação para a construção do conhecimento a partir de estratégias didáticas diferenciadas, que atuam de forma complementar ao processo de ensino e que atualmente a BNCC estimula e considera atividades que coloquem os estudantes como protagonistas nesse processo de aquisição e construção do seu próprio conhecimento.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1982), segundo Moreira e Masini (1982), se fundamenta nos conhecimentos prévios do indivíduo com os quais interpreta o mundo ao seu redor. Após seu nascimento, o indivíduo começa a reunir uma enorme quantidade de “informações e desinformações”. Nesse sentido, de acordo com Gardner (1995), sabe-se que o sujeito pode ser definido como um aprendiz intuitivo, ou seja, ele desenvolve teorias do senso comum com o intuito de perceber o mundo material ao seu redor. Essas percepções intuitivas e de senso comum do mundo do aprendiz, poderão ser superadas no ensino encontrado nas escolas. Desse modo, a superação dessas concepções iniciais somente ocorrerá quando os professores ensinarem os estudantes e estes tiverem o entendimento e a compreensão dos objetos de conhecimento investigados.

Perkins (1991) faz um contraste entre os conceitos de entendimento e de conhecimento. Ao afirmar que um indivíduo conhece algo, na maioria das vezes, significa que ele tem informações armazenadas e prontas para serem recuperadas. Por outro lado, ao se afirmar que uma pessoa entende algo, é de se supor que as habilidades deste indivíduo superam as informações armazenadas. Desse modo, ele defende que o entendimento se refere à capacidade do que os indivíduos podem fazer com a informação, e não ao que eles memorizam. Sendo assim, entende-se que o principal papel do professor é gerar questionamentos, ou seja, o professor questiona os estudantes de forma que estes possam construir comparações a partir de seus conhecimentos prévios para construir novos conhecimentos, desse modo, o professor, por meio da utilização de um método, leva o estudante a redescobrir/reconstruir o conhecimento.

Diante da possibilidade de o educador proporcionar aos educandos atividades didático-pedagógicas planejadas voltadas para a formação de um estudante autônomo, Ramos (2001), enfatiza que, o educador ao proporcionar aos estudantes condições de se auto motivarem, a aprendizagem é mais profunda, visto que a motivação do estudante está na origem dos processos de ensino e de aprendizagem, basicamente, nas necessidades, interesses e aspirações dos

estudantes. Quando os estudantes têm autonomia para escolherem o que desejam estudar, certamente buscam por esses interesses com maior profundidade. Portanto, com o propósito de inserir mudanças e inovações, as quais envolvem conhecimentos e reflexão sobre a própria prática pedagógica, os professores deveriam ser oportunizados com técnicas adequadas, visando que os estudantes tenham mais interesse no aprendizado. Desse modo, infere-se que uma maneira de se alcançar isso, pode estar associada a uma intervenção didática com o uso dos modelos analógicos, os quais são sustentados nos conhecimentos prévios dos estudantes.

Nessa perspectiva, Davis; Alexander e Yelon (1979) concordam que os estudantes devem partilhar a responsabilidade pela construção de seu próprio conhecimento. Neste sentido, Campbell, Campbell e Dickinson (2000), enfatizam a importância de se refletir a respeito da função dos professores nos processos de ensino e de aprendizagem, visto que no processo de construção de conhecimento pelo estudante, o professor exerce, de maneira fundamental, o papel de mediador para que o estudante se aproprie do conhecimento de maneira ativa. Para tanto, faz-se necessária uma organização dos trabalhos com o estudante, por meio de estratégias distintas que respeitem a sua individualidade, ou seja, as quais busquem desenvolver as potencialidades individuais de cada estudante, o que promove o despertar do interesse, da autonomia e da participação dos estudantes na construção do próprio conhecimento, isso ocorre por meio de atividades autogeridas, como trabalhos em grupo, atividades de laboratório, monitorias, recursos tecnológicos etc.

Outro aspecto a ser analisado, é o fato de que os mecanismos de um ensino tradicionalista são estabelecidos basicamente com a transmissão de informações. Nesse processo, o estudante não é visto como um protagonista. Dessa forma, muitas vezes, o papel do professor se resume a “ministrar aulas” e cobrar a devolução de conteúdo, por meio de exames das várias etapas ao longo do ano letivo. Assim, o ensino é predominantemente realizado por meio de aulas expositivas e teóricas, que mantêm o estudante em um estágio de passividade, em um ambiente não adequado que se mostra completamente direcionado para raciocínios e demonstrações previamente aceitas pela comunidade científica. Esse fato induz os estudantes à memorização de conceitos, enunciados, fórmulas, leis, resumos etc. Nesse contexto pedagógico, fica evidente que não há espaço para debates, para a

discussão de percepções divergentes e para experimentos que valorizam mais intensamente a criatividade do estudante nos processos de ensino e de aprendizagem.

Morgan e Morrison (1999) asseguram que no processo criativo, durante a etapa de modelagem, os estudantes ao fazerem uso dos conhecimentos prévios, por meio de uma ação de caráter investigativo, faz com que estes desenvolvam habilidades, como, inclusive, a compreensão das limitações dos modelos didáticos utilizados em ciências. Tal procedimento de criação permite aos estudantes a apropriação do conhecimento de maneira ativa, sendo que, esse aspecto é extremamente importante para os processos de ensino e de aprendizagem.

Gilbert (2004), afirma que no processo de modelagem, a criatividade do estudante torna-se elemento indispensável nos processos de ensino e de aprendizagem de ciências e que, além disso, esse mecanismo induz diretamente à construção ativa do conhecimento, isto é, um processo que possibilita aos estudantes uma compreensão mais abrangente da ciência.

Monteiro e Justi (2016) e Francisco Junior (2009) entendem que no ensino de ciências é possível utilizar metodologias fundamentadas em um amplo campo de modelos, objetivando assim, proporcionar aos estudantes a redescoberta e reconstrução dos seus conhecimentos. Esses autores afirmam que existem poucos trabalhos que apresentam levantamentos sobre o modo como os docentes utilizam os modelos analógicos, em suas práticas pedagógicas. Diante dessa realidade, é importante enfatizar que os livros didáticos, utilizados nas escolas, de maneira geral, são os mais importantes instrumentos de intermédio cognitivo utilizados pelos estudantes. E é por intermédio deles, que os modelos analógicos são apresentados e utilizados em sala de aula por professores e estudantes. Entretanto, é possível verificar que o modo como os modelos analógicos são apresentados, nos livros didáticos, podem determinar, de forma direta, implicações no processo de apropriação e construção do conhecimento em ciências pelos estudantes, de forma benéfica ou não, em virtude da não existência de um processo criativo que envolva os estudantes.

De modo geral, percebe-se, na literatura, que alguns estudiosos sinalizam a importância do uso dos modelos analógicos, nas atividades de ensino e de aprendizagem, como elementos vitais para o processo criativo e os ressaltam como aspectos relevantes de pesquisa científica. Nessa perspectiva, pode-se citar Coll;

France e Taylor (2005) e Szlak (2007), que evidenciam que os modelos analógicos, tais como os do sistema solar ou de cotovelos, são pequenos sistemas que se baseiam em grande parte, nas percepções das crianças sobre semelhança para sustentar a relação entre o mundo que está sendo modelado e o próprio modelo. Desse modo, fica explícita a relevância do conhecimento prévio na compreensão das atividades mediadas pela modelagem.

Nessa mesma linha, Barab *et al.* (2000) e Ferreira; Justi (2005), discutiram como o processo de modelagem pode contribuir na construção do conhecimento. Os autores mostram que o envolvimento dos estudantes, durante as atividades de construção de modelos, ajudam a promover uma melhor compreensão, além da memorização de informações indispensáveis para a aprendizagem. De acordo com eles, a modelagem favorece o desenvolvimento do conhecimento crítico e moldável, o qual pode ser aplicado e transferido para diferentes situações e problemas, o que também concorda com CLEMENT (1989).

Algumas pesquisas desenvolvidas por Coll e Treagust (2003); Millar; Osborne e Nott (1998), entre outros, relativas aos objetivos do ensino de ciências na educação básica, alertam sobre as diversas formas e atividades de ensino que, na maioria das vezes, têm se mostrado inadequadas, o que evidencia a falta de metodologias apropriadas para uma abordagem dos objetos dos conhecimentos científicos, pelos professores de Ciências da Natureza, sobretudo nos processos de construção de modelos. Assim, é possível inferir que muitas vezes, nessas abordagens, não há uma real preocupação com a sistematicidade dos processos.

Além disso, as discussões a respeito da utilização de modelos analógicos para o ensino das ciências devem se fundamentar em abordagens com maior sistematicidade e poder de inferência nos processos, principalmente, com a participação dos estudantes de forma ativa no processo, ou seja, como protagonistas na construção de seus conhecimentos.

Nessa linha de pensamento, pretende-se evidenciar, nesta pesquisa, que uma abordagem metodológica fundamentada na construção de modelos analógicos, com a efetiva participação dos estudantes, a qual leva em conta suas concepções prévias, pode promover um ensino e uma aprendizagem mais significativa, ou seja, uma aprendizagem significativa, como proposto por Ausubel (1982), bem como a importância da construção de um saber pensar científico pelos estudantes, conforme anunciado por (BACHELARD, 1996).

Tradicionalmente, no ensino da Óptica da Visão, ou seja, no ensino dos vícios de refração do olho humano (ametropias) os professores utilizam modelos analógicos que são geralmente encontrados nos livros didáticos. Nessa perspectiva, observa-se que os modelos científicos têm sido utilizados de maneira rotineira na ciência, não somente como parte de uma metodologia de ensino, mas também como meras representações de conceitos abstratos e como modelos de consenso de teorias científicas (TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2002). Esse fato pode propiciar aos estudantes uma aprendizagem superficial (rasa), que os impede de se apropriarem dos conhecimentos científicos de maneira integral e completa.

Nesse entendimento, cabe considerar que no ensino dos vícios de refração do olho humano o professor deve atentar-se em esclarecer aos estudantes que o sentido da visão é responsável pela maior parte das informações que uma pessoa adquire durante sua vida, sendo que o processo de receber estímulos visuais (luz) e convertê-los em imagens coerentes é uma das tarefas mais custosas para o cérebro humano. De acordo com Valério Netto (2003), ao trabalhar com os chamados vícios de refração (miopia, hipermetropia, astigmatismo e presbiopia), é necessário reforçar que estes são decorrentes da dificuldade de focalização da imagem sobre a retina, portanto, é indispensável esclarecer que a refração é a forma como o olho direciona a luz para focá-la na retina e que a córnea e o cristalino são as lentes que refratam a luz em direção à retina. A córnea capta a imagem real, formada pelos raios luminosos e transmite-a até o cérebro, por meio do nervo óptico. A condição que é genericamente definida como vícios de refração, ocorre quando o globo ocular apresenta alguma dificuldade de focalização da imagem sobre a retina, impedindo que a luz seja refratada adequadamente, formando imagens não nítidas.

O uso de analogias na construção de modelos pelos estudantes em nossas escolas tem sido usado por muitos professores sem a devida preocupação com sua eficiência nos processos de ensino e de aprendizagem, conforme afirma Justi (2003). Nesse entendimento, faz-se necessário investigar de que forma os processos de ensino e de aprendizagem, mediados por modelos fundamentados em analogias, favorecem a construção de conhecimentos por estudantes do Ensino Médio, em particular, no conteúdo de Óptica Geométrica da Física?

Diante do exposto, este estudo torna-se relevante ao investigar a utilização de modelos analógicos em ciências, com a participação ativa dos estudantes. Acerca desse assunto, pretende-se responder nesse estudo, de que forma os

processos de ensino e de aprendizagem mediados por modelos fundamentados em analogias, favorecem a construção de conhecimentos por estudantes do Ensino Médio, em particular, no conteúdo de Óptica Geométrica da Física? De maneira complementar pretende-se compreender como estimular processos criativos de modelos analógicos, nas práticas de ensino em ciências e investigar de que forma ocorre a apropriação de conhecimentos pelos estudantes ao construir modelos analógicos em ciências.

Neste trabalho, buscou-se responder à questão central desta pesquisa, que está fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1982), segundo Moreira e Masini (1982) e nas ideias de Bachelard (1996) sobre a formação do Espírito científico.

Na busca de respostas para a questão desta investigação, foram realizadas etapas que seguiram a seguinte estrutura capitular: Introdução, Revisão Bibliográfica, Referencial Teórico, Metodologia, Análise de dados e Considerações Finais.

Na introdução foi apresentada a temática a ser investigada; o problema de pesquisa e as questões específicas que nortearam a investigação, de maneira a traçar um caminho lógico a ser percorrido para responder a questão proposta neste estudo.

No segundo capítulo, foi apresentada a revisão bibliográfica, que foi fundamentada em trabalhos científicos localizados em bases de dados, que de alguma forma eram relacionados diretamente com a temática aqui investigada.

No terceiro capítulo, foi apresentado o referencial teórico, com os conceitos de analogias, modelos, modelagem e modelos analógicos, bem como os aportes teóricos, que nos esclareceram e sustentaram a proposição de que o processo de modelagem analógica pode ser entendido do ponto de vista educacional, como sendo um procedimento metodológico intrínseco aos processos de ensino e de aprendizagem em ciências.

No quarto capítulo, a metodologia desta pesquisa foi detalhada, indicando o tipo de pesquisa e abordagem metodológica, bem como o caminho trilhado na investigação, o planejamento de implantação da sequência didática, para que fosse possível a realização deste estudo, os instrumentos utilizados para a coleta e os procedimentos de análise dos dados.

A análise dos dados foi apresentada no quinto Capítulo, e objetivou a organização dos dados coletados por meio dos questionários, pré e pós-aplicação da sequência didática. Para um melhor entendimento, foram criadas categorias para as respostas dos estudantes participantes.

No sexto capítulo, foram apresentadas as considerações finais, bem como as sugestões para novos estudos complementares ao aqui apresentado.

1.2 Sobre o Pesquisador

No início da década de 1990, comecei minha carreira profissional no magistério, como professor de Física e Matemática. Apaixonei-me pelo ensino de ciências, e de maneira especial pelo ensino de Física, fato esse que me possibilitava apresentar para os estudantes os mecanismos da natureza e a harmonia com a qual as coisas aconteciam. Tudo parecia fazer sentido e a matemática sempre presente ajudou nessa interpretação e leitura do mundo material ao meu redor, fundamentada em relações entre grandezas. Compreender a Ciência como ‘obra humana’, sempre me possibilitou acreditar e entender o papel ela tem, enquanto elemento capaz de proporcionar melhoria nas condições de vida das pessoas, nesse sentido, a ela pode ser vista como ‘criação humana’.

A cada nova descoberta que propiciava aos estudantes, despertava em mim um sentimento de gratidão aos meus professores nessa caminhada. Isso sempre me fazia bem e trazia uma alegria indescritível até hoje, mesmo após muitos anos de trabalho na Educação Básica. Trabalhei em vários tipos de escolas. É estranho falar em tipos de escolas, pois acredito que só existe um único tipo de escola, a que possibilita o crescimento e a formação do indivíduo como cidadão.

Quando tive a oportunidade de trabalhar em escolas renomadas, pude perceber quanto uma boa instrumentação favorecia os processos de ensino e de aprendizagem em ciências. Acredito que um bom laboratório de ciências pode contribuir muito, para os estudantes, nos seus processos de construção do conhecimento. Mas apenas laboratórios com instrumentação sofisticada não são suficientes. Vejo que é preciso cuidar das relações entre professores e estudantes, bem como dos ambientes de aprendizagem. Ademais, é preciso que o professor

pense nele próprio como um eterno aprendiz em busca de aprimoramento constante, o que fortalecerá seu vínculo com a educação, mantendo seu ideal de educar.

Na sala de aula, sempre fiquei incomodado, sobretudo com duas falas dos estudantes: a primeira “odeio Física” e a segunda “para que serve isso?”. Então, diante desse fato, não tive muitas opções. Me vi de certa forma obrigado a criar estratégias que pudessem responder a esses questionamentos de forma convincente e a oportunizar aos alunos, a apropriação e construção de seus conhecimentos científicos. Assim, como professor de Física, pude perceber a importância de estratégias didático pedagógicas, fundamentadas em metodologias capazes de auxiliar os estudantes na construção de seus conhecimentos.

Em algumas instituições de ensino em que trabalhei, nas quais existiam todos os recursos didáticos considerados adequados para o ensino de ciências, não conseguia compreender o motivo de alguns estudantes não conseguirem aprender, ou demorarem muito mais tempo para aprenderem que os demais, que vivenciaram os mesmos processos de ensino e de aprendizagem para os objetos de conhecimento trabalhados nos vários ambientes de aprendizagem da escola.

Nesse contexto, pude notar a importância e o poder de inferência dos modelos analógicos e das analogias no ensino de Ciências. Foi possível compreender que um laboratório bem equipado não é condição suficiente para garantir a aprendizagem dos estudantes. Pude perceber que ao manusearem alguns modelos físicos, havia uma contribuição para a aprendizagem, por parte dos alunos, mas a partir de processos de construção de modelos analógicos com a participação efetiva deles no processo de criação, construção e socialização, havia uma maior interação entre eles e os objetos de conhecimentos, o que propiciava um melhor entendimento dos conceitos trabalhados.

Em 2017, tive a oportunidade de conhecer o Grupo de Estudos em Metáforas e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência (GEMATEC/CEFET-MG) e foi possível a partir dos ensinamentos e conhecimentos compartilhados no grupo que pude compreender, de maneira significativa, como esses elementos poderiam favorecer uma aprendizagem significativa e humanizada. Ressalto que sempre utilizei em minhas aulas esses elementos didáticos citados, entretanto, era uma utilização rasa e que por meio das pesquisas apresentadas no grupo de estudos, pude compreender melhor o potencial a ser explorado com os estudantes durante as aulas. Desde então tenho levado esses elementos para

minhas aulas e explorado as potencialidades desses recursos didáticos em vários conteúdos da Física.

Agradeço o fato de poder realizar uma investigação nessa linha de pesquisa, para entender de que forma os processos de ensino e de aprendizagem, mediados por modelos analógicos fundamentados em analogias, favorecem a construção de conhecimentos dos estudantes do Ensino Médio, em particular, no conteúdo de Óptica Geométrica da Física?

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste Capítulo, serão apresentados os trabalhos encontrados e selecionados nas bases de busca, conforme apresentado na metodologia desta investigação, que consistiu em identificar artigos científicos que de alguma forma se aproximavam do tema dessa pesquisa.

Após o levantamento de publicações nas bases de busca (SciELO Brasil, ERIC ProQuest, Wiley online Library e SpringerLink, foi possível a identificação e seleção dos trabalhos por meio de uma leitura flutuante como proposto por Bardin (2016). A leitura objetivou selecionar trabalhos que tinham relação direta com o problema proposto nessa pesquisa e que contribuíssem para contextualizar a temática desta investigação.

De um total de 133 artigos encontrados, 17 trabalhos que tinham uma relação direta com a temática de investigação, foram selecionados. (TAB. 1):

Tabela 1 - Artigos localizados nas bases pesquisadas

BASE DE DADOS	ARTIGOS OBTIDOS	ARTIGOS SELECIONADOS
SciELO Brasil	20	3
ERIC ProQuest	36	5
Wiley online Library	37	0
SpringerLink	39	9
Total	133	17

Fonte: Miranda, 2021.

Com os artigos selecionados, foram criadas três categorias conforme proposto por Bardin (2016) e mostrado na TAB. 1:

- a) analogias;
- b) modelos;
- c) modelagem.

Para a primeira, sobre analogias foram selecionados três trabalhos, que tinham relação direta sobre o uso de analogias no ensino de ciências. Quanto aos

modelos didáticos, 11 trabalhos e na terceira categoria, foram selecionadas 7 publicações sobre modelagem e modelagem analógica, que foram incluídos nessa mesma categoria. Cabe destacar que foi localizado apenas um trabalho que trata do uso de modelagem para os defeitos da visão humana. Outro fato a destacar é que os artigos categorizados somam uma quantidade superior a 17, isto ocorreu pelo fato de que alguns trabalhos se enquadram em mais de uma categoria.

Os trabalhos selecionados, publicados no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2020, foram dispostos de forma a apresentar a autoria, o ano de publicação e título, em ordem cronológica, conforme mostrado na QUAD. 1.

Quadro 1 - Artigos localizados nas bases pesquisadas

AUTOR (A, S) (ANO DE PUBLICAÇÃO)	TÍTULO
Treagust, Chittleborough e Mamiala (2002)	STUDENTS' UNDERSTANDING OF THE ROLE OF SCIENTIFIC MODELS IN LEARNING SCIENCE.
Justi e Gilbert (2003)	TEACHERS' VIEWS ON THE NATURE OF MODELS.
Justi (2003)	PROPOSIÇÃO DE UM MODELO PARA ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS SOBRE MODELOS.
Gilbert (2004)	MODELS AND MODELLING: ROUTES TO MORE AUTHENTIC SCIENCE EDUCATION
Coll, France e Taylor (2005)	THE ROLE OF MODELS AND ANALOGIES IN SCIENCE EDUCATION: IMPLICATIONS FROM RESEARCH.
Justi e Gilbert (2006)	THE ROLE OF ANALOG MODELS IN THE UNDERSTANDING OF THE NATURE OF MODELS IN CHEMISTRY.
Coll (2006)	THE ROLE OF MODELS, MENTAL MODELS AND ANALOGIES IN CHEMISTRY TEACHING).
Mendonça, Justi e Oliveira (2006)	ANALOGIAS SOBRE LIGAÇÕES QUÍMICAS ELABORADAS POR ALUNOS DO ENSINO MÉDIO.
Colicchia, Wiesner e Waltner (2008)	A MODEL OF THE HUMAN EYE.
Justi (2009)	LEARNING HOW TO MODEL IN SCIENCE CLASSROOM: KEY TEACHER'S ROLE IN SUPPORTING THE DEVELOPMENT OF STUDENTS' MODELLING SKILLS.
Pacca e Scarinci (2009)	AS AULAS DE CIÊNCIAS E O DESENVOLVIMENTO DE MODELOS FÍSICOS
Silva, Pimentel e Terrazzan (2011)	AS ANALOGIAS NA REVISTA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA CIÊNCIA HOJE DAS CRIANÇAS.
Coll e Lajium (2011)	MODELING AND THE FUTURE OF SCIENCE LEARNING.
Wichaidit, Dechsri e Chaivisuthangkura (2011)	USING ANALOGY AND MODEL TO ENHANCE CONCEPTUAL CHANGE IN THAI MIDDLE SCHOOL STUDENTS.
Lucena, Sampaio, Silva e Razuck (2012)	O USO DE MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL SÉRIES FINAIS.
Heidemann, Araujo e Veit (2015)	MODELAGEM DIDÁTICO-CIENTÍFICA: INTEGRANDO ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E O PROCESSO DE MODELAGEM CIENTÍFICA NO ENSINO DE FÍSICA.
Santos e Justi (2020)	INSERÇÃO E DISCUSSÃO DE ASPECTOS DE NATUREZA DA CIÊNCIA EM UMA SITUAÇÃO DE ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM.

Fonte: Miranda, 2021.

O QUAD. 1 mostra os trabalhos selecionados, em ordem cronológica, utilizados para essa investigação, selecionados nas bases de dados, a partir dos descritores, estando eles diretamente relacionados com o tema desta pesquisa.

Além dos trabalhos listados no QUAD. 1, cabe enfatizar que para compor o aporte teórico, utilizou-se de outros dois artigos, que estavam fora da faixa de busca nas bases, por terem sido citados em diversos artigos selecionados para esta investigação. Um é o trabalho de Duit (1991) com o título de *"On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science"* e o outro de Hodson (1992), com o título de *"In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education"*.

O trabalho de Treagust, Chittleborough e Mamiala (2002), aborda como os modelos científicos não são utilizados frequentemente como ferramentas de aprendizagem, mas simplesmente como conceitos abstratos e como modelos consensuais de teorias científicas. Os autores entendem que os modelos ajudam os estudantes a desenvolverem seus próprios modelos mentais de conceitos científicos. O estudo foi realizado com 228 estudantes do ensino médio, objetivando identificar a compreensão sobre modelos científicos. Os resultados apresentados pelos autores evidenciam a necessidade de maior ênfase no ensino do papel e finalidade de conceito de modelos científicos na ciência.

Justi e Gilbert (2003), relatam sobre uma entrevista semiestruturada para investigar a 'noção de modelo' realizada com 39 professores de ciências que trabalhavam em escolas do ensino 'fundamental' com estudantes na faixa etária dos 6 aos 14 anos e no 'Ensino Médio' com estudantes na faixa etária dos 15 aos 17 anos. A partir dos dados obtidos nesta pesquisa, os autores propuseram uma nova maneira para determinar as noções de modelos aos professores.

Para Justi (2003), os modelos desempenham um importante papel no Ensino de Ciências. Entretanto, pesquisas anteriores mostraram que o conhecimento dos professores de ciências sobre conteúdo, conhecimento curricular e conhecimento pedagógico na área de modelos e criação de modelos são geralmente incompletos ou inadequados. A autora realizou esse estudo objetivando promover e acompanhar o desenvolvimento dos conhecimentos de professores de ciências nessa área. Neste trabalho, o 'Modelo Interconectado de Crescimento Profissional de Professores' foi adaptado a fim de alicerçar o estabelecimento de relações entre todos os diferentes tipos de dados coletados. Os resultados foram

analisados de forma a evidenciar como o modelo adaptado pode ser útil na caracterização do desenvolvimento profissional de professores.

Em um estudo realizado por Gilbert (2004), ele discute a importância do papel dos modelos e da modelagem no currículo de ciências. E argumenta que os modelos e a modelagem aumentariam em muito a autenticidade curricular. Entende que a noção de 'modelo' é delineada, juntamente com os modos disponíveis para sua representação. O autor evidencia a existência de problemas na escolha de modelos e no desenvolvimento de habilidades de modelagem dentro dos currículos baseados em modelos. Para o autor a aprendizagem, dentro desse currículo, está diretamente relacionada com adquirir uma compreensão aceitável do que é um modelo e como a modelagem ocorre, ter uma capacidade desenvolvida para visualizar modelos mentalmente e ter um entendimento da natureza das analogias e das metáforas nos processos que são centrais para os modelos e modelagem.

No entendimento de Coll, France e Taylor (2005), o papel dos modelos e das analogias no ensino de ciências, são mais eficazes quando os estudantes são capazes de construir e analisar criticamente seus próprios modelos, quando estão sustentados em processos de modelagem. E acrescentam ainda, que os modelos e a modelagem são ferramentas essenciais para cientistas, professores de ciências e estudantes de ciências. Neste sentido evidenciam que a pesquisa em sala de aula demonstra que o uso de modelos e analogias, dentro da pedagogia do ensino de ciências, pode fornecer um possível caminho para que os estudantes obtenham alguma compreensão da natureza da ciência. De acordo com os autores, um tema comum a emergir da literatura, a fim de desenvolver com sucesso o entendimento em ciências, é que o estudante deve ser capaz de refletir e discutir a compreensão de conceitos à medida que os desenvolvem. Pedagogias que envolvem vários tipos de modelagem são mais eficazes quando o estudante é capaz de construir e criticar seus próprios modelos e os dos cientistas. Os autores sugerem que os trabalhos realizados em grupo e com discussões entre os pares são formas importantes que podem propiciar uma melhor apropriação das habilidades cognitivas e metacognitivas. Argumentam que a compreensão dos modelos científicos e do processo de modelagem permite aos estudantes desenvolverem uma consciência metacognitiva do desenvolvimento do conhecimento dentro da comunidade científica, bem como fornecem as ferramentas para refletir sobre sua própria compreensão dos conceitos científicos.

De acordo com Justi e Gilbert (2006), os modelos desempenham um papel relevante no ensino de ciências, pois podem ser utilizados em várias situações. Entendem que os modelos favorecem a representação de fenômenos complexos, possibilitam que abstrações prontamente visuais sejam acessíveis, que previsões científicas sejam feitas, servem de base para a interpretação de resultados experimentais, além de permitir que explicações sejam fundamentadas em conhecimentos científicos.

Para Coll (2006), analogias, modelos e modelos mentais são indispensáveis para compreensão e comunicação científica, além de desempenhar um papel fundamental no ensino de ciências. Devido à sua importância, tem se realizado várias pesquisas sobre a natureza e uso de modelos no ensino de ciências. Nesse sentido o autor apresenta três temas relevantes encontrados na literatura em que os modelos são utilizados para:

- a) representar formas mais simples de objetos ou conceitos;
- b) visualizar fenômenos;
- c) explicar fenômenos científicos.

Em pesquisa realizada por Mendonça; Justi e Oliveira (2006), com estudantes do ensino médio de diferentes escolas, lhes foi solicitado que elaborassem uma analogia para explicar um objeto de conhecimento científico. Após a elaboração da analogia, os estudantes responderam um questionário que tinha como objetivo fazê-los avaliar criticamente suas analogias, apontando seus aspectos positivos e negativos. O questionário ainda sondava o grau de dificuldade vivido pelos estudantes nessa atividade. A análise das respostas evidenciou que menos da metade dos participantes da pesquisa conseguiu formular uma analogia estabelecendo relações coerentes entre o domínio alvo e o domínio base. Isso demonstrou os problemas de aprendizagem dos estudantes com o objeto de conhecimento, o que favoreceu o diagnóstico de suas principais concepções alternativas sobre o assunto. Isto foi importante para dar suporte às professoras nas intervenções seguintes no processo de ensino, retomando as principais dúvidas identificadas. Com sustentação nas respostas dos estudantes foram discutidas algumas implicações para professores interessados em trabalhar com analogias como estratégia de ensino.

Colicchia, Wiesner e Waltner (2008), apresentam um modelo do olho humano em que incorporaram uma lente convergente variável. De acordo com os autores, esse modelo pode ser construído pelos próprios estudantes, utilizando materiais de baixo custo. Eles mostram esse modelo que torna a compreensão dos conceitos de funcionalidade do olho humano e do sistema óptico algo descomplicado. Segundo os autores, esse modelo permite que se visualize a formação de imagens de objetos próximos e distantes ao se ajustar o foco da lente convergente semelhantemente ao que ocorre com o funcionamento do olho humano. Além disso, com esse modelo é possível trabalhar os vícios de refração do olho humano: miopia e hipermetropia.

Por sua vez, Justi (2009), entende que a modelagem é um processo chave no desenvolvimento do conhecimento científico, no sentido de conduzir uma educação científica mais legítima, ou seja, tornar os processos retratados mais próximos da realidade da ciência. Ela defende que esse processo deve ser conduzido a partir de uma perspectiva sustentada em modelagem. Partindo desse princípio e sustentada como a modelagem é geralmente realizada na educação científica, a autora propõe um esquema para o uso de estratégias de ensino para alguns conceitos abstratos das ciências.

O estudo realizado por Pacca e Scarinci (2009), mostrou características dos estudantes que podem ser identificadas em uma aula de Física, quando o foco está na compreensão de teorias científicas com o uso e construção de modelos. Foram analisadas atividades (sequências didáticas) planejadas, elaboradas e aplicadas por cada professor de Física às suas turmas do ensino médio. O foco das aulas estava centrado na construção de modelos, segundo as ideias propostas por Bachelard (1996) sobre a construção do conhecimento científico. Eles observaram que, apesar das diferenças na implementação das sequências didáticas, houve em comum o ponto de partida na fenomenologia e a construção dos conceitos científicos a partir dos modelos construídos. De acordo com as autoras, a teoria ‘a formação do Espírito Científico’ de Bachelard (1996) favorece a identificação dos conceitos científicos durante a construção de modelos dos fenômenos naturais.

Em um levantamento de artigos na revista “Ciência Hoje das Crianças” publicado pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Silva; Pimentel e Terrazzan (2011) analisaram a frequência de utilização de analogias nos textos. Nesse estudo utilizaram 143 edições publicadas no período de dezembro de 1986 a

fevereiro de 2004. Dos 1022 artigos examinados, foram encontradas 136 analogias em 88 artigos e constataram que o número de analogias variou de maneira não uniforme, sendo que a maior frequência de utilização ocorreu em 1995, com a identificação de 30 analogias. Consideraram surpreendente o fato de não terem identificado nenhuma analogia nos textos que fazem referência à linguística, uma vez que analogia é uma figura de linguagem.

Em um estudo teórico realizado por Coll e Lajium (2011), eles entendem que os modelos e a modelagem são importantes procedimentos didáticos para o ensino de ciências e que estratégias adequadas em utilizá-los são vistas por muitos autores, como ponto central para a compreensão de teorias científicas. Para os autores, os modelos e a modelagem se relacionam diretamente com a natureza da investigação científica, dessa forma, a modelagem funciona como um instrumento cognitivo e que deve ser considerada nos processos de ensino e de aprendizagem de ciências.

Na investigação realizada por Wichaidit *et al.* (2011), são relatadas as possíveis mudanças conceituais de conceitos científicos por estudantes, após terem estudado com estratégias didáticas, fundamentadas em analogias e modelos. Para determinar o conhecimento prévio dos estudantes, os autores aplicaram um questionário para 58 deles. Após processo de modelagem, houve a aplicação de um teste de verificação, com o intuito de avaliar se as concepções dos estudantes sobre os conceitos científicos teriam sido modificadas. Os resultados dessa investigação indicaram que os estudantes demonstraram uma melhor compreensão dos conceitos científicos após a aplicação da sequência didática. No entendimento dos autores, a modelagem proporcionou aos estudantes a apropriação de conceitos científicos.

Para Lucena *et al.* (2012), a modelagem pode servir como mediadora para o ensino de ciências. Alguns conceitos são de difícil compreensão, por isso os modelos funcionam como um mecanismo capaz de conectar a teoria com o real, aproximando assim, a teoria da realidade. Os autores enfatizam que os modelos são simplificações do mundo real e que proporcionam a apropriação de estruturas conceituais, portanto, são instrumentos colaboradores nos processos de ensino e de aprendizagem.

O trabalho de Heidemann, Araujo e Veit (2015), faz uma abordagem de como a teoria e a prática são frequentemente tratadas no ensino de ciências. Os autores destacam que pelo fato de serem tratadas separadamente, contribui para

que os estudantes tenham dificuldades na compreensão dos conceitos científicos e de sua utilização no cotidiano. Os autores entendem que o domínio do processo de modelagem é fundamental para que os estudantes aprendam ciências, aprendam sobre ciências e aprendam a fazer ciências. Portanto, defendem o uso da modelagem no ensino de ciências.

Para Santos e Justi (2020), vários pesquisadores da educação têm discutido sobre a importância de se inserir a “Natureza da Ciência” no ensino de ciências. As autoras afirmam que alguns desses pesquisadores também têm indicado como estratégia didática, o uso de atividades investigativas, fundamentadas em modelagem, objetivando a inserção e discussão de aspectos referentes à “Natureza da Ciência” de maneira contextualizada e integrada.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados conceitos de analogias, modelos, modelagem e modelos analógicos, bem como os aportes teóricos que sustentam a proposição de que o processo de modelagem analógica pode ser entendido do ponto de vista educacional, como sendo um procedimento metodológico intrínseco aos processos de ensino e de aprendizagem de ciências.

Nesse sentido, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel (1982), sobre a Psicologia Educacional, é tratada na seção 3.1 deste capítulo, de acordo com o entendimento de Moreira; Masini (1982). Na seção 3.2, são apresentadas as contribuições de Bachelard (1996), como parte integrante do aporte teórico desse estudo, o qual evidencia os obstáculos epistemológicos durante os processos de ensino e de aprendizagem.

Neste tópico, são apresentados alguns conceitos dos termos analogia, modelos, modelos didáticos, modelagem e modelos analógicos.

Para o conceito de **Analogias**, no entendimento de Duit (1991), a analogia é uma comparação de estruturas entre dois domínios diferentes: o domínio base e o domínio alvo. Para ele, se existir uma relação analógica entre os dois domínios, é porque esses domínios são análogos em relação às estruturas comparadas.

No entendimento de Ferraz e Terrazzan (2001), analogias são como ferramentas no processo de construção de noções científicas por aproximarem dois conceitos heterogêneos, o domínio alvo (desconhecido) com o domínio base (conhecido), ou seja, são recursos didáticos disponíveis neste processo de construção de conhecimentos no ensino de ciências. Eles classificam as analogias em nove categorias:

- a) Simples - São quase metáforas, ou seja, não fazem o mapeamento de qualquer atributo dos domínios. Simplesmente comparam as estruturas dos domínios;
- b) Simples referindo-se à função - São aquelas que propõem uma característica funcional de um domínio com outra também funcional do outro domínio;

- c) Simples referindo-se à forma - Nesta categoria a comparação é estabelecida pela forma, ou seja, verificam se os domínios apresentam a mesma aparência física geral;
- d) Simples referindo-se a função e a forma - São analogias que apresentam características dos dois últimos tipos anteriores, tanto referentes a forma como a função;
- e) Simples referindo-se aos limites do análogo - Nesta introduz o domínio alvo e logo indica onde o análogo é falho;
- f) Enriquecidas - Fazem o mapeamento explícito de algum atributo, ou seja, especificam correspondência para as relações analógicas entre os domínios;
- g) Duplas ou triplas - Dois ou três conceitos alvo diferentes e complementares são explicados por dois ou três análogos, cada um correspondente a um domínio alvo;
- h) Múltiplas - Apresentam o conceito alvo e colocam mais de um análogo para explicar o mesmo alvo. Ou seja, vários análogos são usados para explicar um único tópico;
- i) Estendidas - São mais sistemáticas, nelas existem vários atributos do conceito alvo que são explicados e fazem correspondências ao análogo. Também, uma analogia estendida pode incluir as limitações da relação analógica.

De acordo com Abbagnano (2007), o termo analogia possui dois significados: o primeiro sentido está diretamente relacionado com o uso em matemática de igualdade de relações, equivalente à proporção. O segundo sentido está associado ao conhecimento por meio do uso de semelhanças genéricas que se pode fazer entre situações diversas. No primeiro sentido, o termo foi empregado por Platão e por Aristóteles e é até hoje empregado pela lógica e pela ciência. O segundo, como extensão provável do conhecimento mediante a passagem de uma certa situação para outra semelhante.

Por sua vez Francisco Júnior (2007), entendem que as analogias são como uma comparação entre dois eventos distintos, com a intenção de se explicar o evento desconhecido, por meio de um já conhecido, ou seja, para ele a analogia é uma forma de raciocínio, a partir do qual se pode conhecer um fenômeno

desconhecido mediante o estabelecimento de correspondências com o fenômeno já conhecido.

Uma analogia, para Duarte (2016), é frequentemente entendida como uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios de conhecimento diferentes, um conhecido e outro desconhecido. Ela relata que vários autores têm destacado a importância do uso de analogias como uma ferramenta valiosa nos processos de ensino e de aprendizagem de ciências, especialmente de conceitos com maior dificuldade de entendimento.

Igualmente, Ramos e Ortega (2019), mencionam que o uso de analogias pelos seres humanos tem como finalidade auxiliar no entendimento das coisas do cotidiano e dos conceitos científicos e que nas relações humanas no dia a dia se faz uso de analogias para explicar fenômenos tanto das ciências quanto dos acontecimentos corriqueiros. E que a analogia funciona entre o fenômeno desconhecido (alvo) e o fenômeno conhecido (base). Assim, o domínio desconhecido se ancora em conhecimentos preexistentes do aprendiz. Ao se usar analogias no ensino de ciências, o que se faz são comparações entre o domínio alvo e o domínio base.

Do ponto de vista da construção do conhecimento científico foi possível verificar que vários estudiosos conceituam o termo ‘analogia’, de maneira convergente, como sendo uma comparação entre estruturas de dois domínios distintos, sendo um domínio conhecido e o outro desconhecido.

Já com relação aos **Modelos**, Moreira (1996), interpretando a teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird (1989) ele nos esclarece que as pessoas raciocinam com modelos mentais. Em seu entendimento, os modelos mentais são como blocos cognitivos de construção, que podem ser combinados e recombinaados de acordo com a necessidade do sujeito que aprende. É um tipo de modelo como quaisquer outros modelos, pois representam um objeto ou uma situação em si e uma de suas características mais relevantes é que sua estrutura capta a essência do análogo de um objeto ou de uma situação.

De maneira complementar, Gilbert (1998) afirma que os modelos podem ser de ideias, objetos, eventos, sistemas ou processos. Em seu entendimento, estes desempenham papéis relevantes nas explicações científicas e que todos eles são formados por processos de analogias, por meio de buscas entre semelhanças e diferenças.

Nesse sentido, Cupani e Pietrocola (2002) e Westphal e Pinheiro (2004) ao analisarem a teoria proposta por Bunge, apresentam os modelos como sendo uma descrição da realidade, que também é construída, sendo fruto da escolha de modelos, teorias e também das interações sociais. Portanto, no entendimento desses autores a teoria consiste em um conhecimento criado, dessa forma não 'retrata' a 'realidade', bem como não se refere imediatamente a ela. Nesse entendimento a teoria se ocupa apenas do "objeto-modelo", que nada mais é que uma representação convencional (embora não arbitrária) e que se aproxima da realidade.

Modelos, para Knuuttila *et al.* (2005), podem ser entendidos como artefatos que apoiam o pensamento humano, os quais são materializados (expressos) de alguma maneira que favoreça a sua manipulação em diferentes práticas epistêmicas. A autora destaca as representações compreendidas como atividades mediadoras e criativas que envolvem objetos, processos e ideias modeladas.

Batista, Salvi e Lucas (2011), nos esclarecem que os modelos são caracterizados por ideias fundamentais das teorias com o auxílio de conceitos científicos, com os quais os cientistas já estão acostumados antes mesmo de sua elaboração. Refere-se, portanto, a uma questão epistemológica, pois teorias científicas são compreendidas como obras humanas, pertencentes à estrutura cognitiva própria da realidade humana, que é limitada.

Mozzer e Justi (2018) destacam que, no processo de elaboração de modelos por cientistas e estudantes, as analogias são 'fontes de ideias' que se tornam elaboradas e modificadas à medida que são incorporadas no modelo.

O sentido polissêmico do termo modelo, nos leva a uma reflexão sobre a importância de sua utilização de forma adequada no ensino de ciências. Cabe ressaltar a importância do uso dos modelos em práticas pedagógicas, entretanto, devemos nos atentar para o tipo de modelo a ser empregado em cada situação a ser ensinada, com o objetivo de se evitar equívocos na compreensão de conceitos científicos pelos estudantes, que o entenda sendo a realidade, e sim como apenas uma representação aproximada desta.

Para tratar do conceito de **Modelos Didáticos**, serão elencados alguns autores. No entendimento de García Pérez *et al.* (2000), por ser a prática pedagógica um campo fecundo e propício para entender o pensamento dos professores e analisar o seu desenvolvimento profissional, uma vez que esta

envolve a mobilização de valores, sentimentos, intuição e conhecimentos profissionais, o conceito de modelo didático pode ser uma ferramenta intelectual útil para abordar os problemas educativos, ajudando-nos a estabelecer o necessário vínculo entre o exame teórico e a intervenção prática, acreditando que a ideia de modelo didático permite abordar (de maneira simplificada) a complexidade da realidade escolar, ao mesmo tempo em que ajuda a propor procedimentos de intervenção na mesma e a fundamentar, portanto, linhas de investigação educativa e de formação dos professores.

De acordo Matos *et al.* (2009) os modelos didáticos são representações, confeccionadas a partir de material concreto, de estruturas ou partes de processos biológicos e que eles devem simbolizar um conjunto de fatos, através de uma estrutura explicativa que possa ser confrontada com a realidade e que a importância deles é atuar como facilitadores da compreensão de objetos de conhecimentos da Ciência.

Para Giordan e Vecchi (1996), os modelos didáticos são de suma importância porque, não só desenvolvem a capacidade criativa do aluno, mas também representam uma construção do conhecimento que pode ser utilizada como referência, uma imagem analógica que permite materializar uma ideia ou um conceito, tornando-os assim, diretamente.

Ao discorrer sobre **Modelagem**, Justi e Gilbert (2002) afirmam que o processo de modelagem no Ensino de Ciências contempla o que na visão de Hodson (1992) poderiam ser os propósitos da educação científica, ou seja, uma aprendizagem da Ciência, uma aprendizagem sobre Ciência e uma aprendizagem para fazer Ciência.

Seguindo esse raciocínio, a implantação de estratégias capazes de promover um Ensino de Ciências, que privilegie o processo de modelagem científica, exige a participação dos estudantes em atividades que propiciem a reflexão dos propósitos mencionados, entrelaçados com o objeto de conhecimento a ser trabalhado e que aprender Ciência, significa, em grande parte, conhecer os modelos concebidos pelos cientistas, assim como as teorias, leis, princípios e conceitos de que fazem uso em suas construções.

Coll; France e Taylor (2005) afirmam que cientistas fazem uso de analogias não só para auxiliá-los na compreensão e comunicação de conceitos abstratos da

ciência, mas também, para resolver situações problemas e desenvolver modelos para novos domínios.

Igualmente Clement (2008), relata que o raciocínio analógico contribui no papel da construção de modelos, favorecendo a descoberta e a criatividade de cientistas na construção do conhecimento. Igualmente, nessa mesma linha de pensamento, Nersessian (2008), entende a modelagem analógica como um processo de elaboração, crítica e reformulação de analogias que pode levar à produção de modelos cada vez mais refinados.

Processo esse que, de acordo com Andrade, Mozzer e Oliveira (2017), pode ser realizado por etapas. Assim, a modelagem analógica pode ser descrita em quatro etapas:

- a) **criação** - onde os objetivos do modelo e da analogia devem ser definidos, procurando informações iniciais sobre a entidade a ser modelada e elaborar um modelo mental, estabelecendo relações de similaridade com o alvo;
- b) **expressão** – onde o modelo criado, deve ser expresso a partir de um dos possíveis modos de representação: material, matemático, gestual ou verbal (a analogia);
- c) **teste** - deve ser feito observando as relações de similaridade estabelecidas entre os domínios: análogo e alvo e das diferenças entre estes, os quais podem levar à reformulação ou à proposição de novos modelos e/ou analogias;
- d) **avaliação** - tem por finalidade a identificação e análise da abrangência e das limitações dos modelos e analogias.

O termo 'modelagem' será entendido como sendo um processo ou técnica de construção de modelos didáticos, ou seja, como estruturas capazes de possibilitar a compreensão de novos conhecimentos chamados de 'domínio alvo' a partir de conhecimentos prévios chamados 'domínio base'.

Para discorrer **Modelos Analógicos**, será utilizado Suárez (1996), que afirma que os modelos analógicos, em geral, são construídos para representar as semelhanças com processos ou fenômenos naturais, com o objetivo de minimizar as

dificuldades, ao realizar as experiências em contextos espaciais e temporais menores e condições físico-químicas análogas ao real.

Por sua vez, Galagovsky e Adúriz-Bravo (2001), entendem que o modelo analógico é como um dispositivo utilizado no ensino de ciências. Os autores defendem que a ideia básica para construir um modelo analógico é conhecer profundamente o objeto de conhecimento que se deseja ensinar, abstrair seus conceitos centrais verificando as relações funcionais entre esses conceitos e traduzir tudo em uma situação do cotidiano, da ficção científica o mais inteligível possível para os estudantes.

De forma complementar González (2005), afirma que o modelo analógico é uma estrutura mental que compreende a comparação e transferência de conhecimento. Em seu entendimento, toda analogia carrega consigo um tipo de raciocínio analógico implícito, que permite a transferência de conhecimento entre o análogo e o alvo. Esse fato propicia ao estudante adquirir um modelo mental adequado que é essencial para as novas aprendizagens.

Nesta investigação, nas buscas realizadas relativas aos termos ‘modelagem’ e ‘modelagem analógica’, para os resultados encontrados, foi possível observar que a comparação entre a modelagem e a modelagem analógica descrita por vários estudiosos, deixa evidente a existência de um ponto em comum, que é o fato de que esses termos são utilizados para representarem etapas semelhantes durante a criação, expressão, crítica e reformulação de modelos e analogias.

Verifica-se que vários estudiosos entendem que o termo ‘modelo analógico’ como um dispositivo utilizado no ensino de ciências e ou uma estrutura mental que compreende a comparação e transferência de conhecimento.

3.1 Teoria da Aprendizagem Significativa

As contribuições da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel (1982) serviram de ponto de partida para esse estudo com o intuito de compreender a construção de novos conhecimentos em função de conhecimentos prévios do aprendiz. Dessa forma, esta pesquisa fundamentou-se no processo de construção

de modelos analógicos pelos estudantes com foco na apropriação de novos conhecimentos pelos sujeitos deste estudo, com base na TAS de Ausubel (1982).

A aprendizagem significativa é aquela baseada em pensamentos representados de maneira simbólica e que interagem com o conhecimento prévio do sujeito que aprende. Apesar disso, não se trata de qualquer conhecimento prévio e sim, de conhecimentos específicos, importantes, já existentes na estrutura cognitiva desse sujeito.

De acordo com Moreira (1982), a aprendizagem é subdividida em três tipos gerais de acordo com o entendimento dele:

- a) Cognitiva - que é aquela vista como resultado de um armazenamento ordenado de informações na estrutura da mente do sujeito que aprende;
- b) Afetiva - que é vista como resultado de sinais internos ao sujeito podendo ser identificada como experiências vividas pelo sujeito em seu cotidiano, geralmente associado a sentimentos e sensações;
- c) Aprendizagem psicomotora – que por sua vez, envolve atividades musculares que se constrói com treino e prática.

Moreira (1982) entende o processo de aprendizagem como um arranjo e integração dos objetos de conhecimentos na estrutura cognitiva. Para ele, a estrutura cognitiva consiste no conteúdo e sua organização na mente do sujeito em determinada área de conhecimento. É resultado de complexos processos cognitivos, ou seja, dos processos pelos quais se constrói e utiliza os conhecimentos prévios do sujeito aprendiz.

A TAS de Ausubel (1982 *apud* MOREIRA, 1982), enfatiza que o fator isolado mais importante que influencia o aprendizado são os conhecimentos prévios do estudante, ou seja, o que o estudante sabe a respeito do mundo material ao seu redor. São esses conhecimentos que possibilitam a ele fazer uma interpretação do mundo material que o cerca. Esse fato pode ser observado nas palavras de Isaac Newton (1643-1727),

Não sei como posso parecer aos olhos do mundo, mas, quanto a mim, vejo-me apenas como um menino brincando na praia e me divertindo em encontrar de quando em quando um seixo mais liso ou uma concha mais bonita, enquanto o grande oceano da verdade jaz incógnito à minha frente. (ASSIS, 1996, p. 3).

Ao refletir sobre as palavras ditas por Newton (1643-1727), observa-se que os significados que se dá à Natureza, dependem diretamente das concepções prévias que se tem sobre um determinado objeto de conhecimento. Portanto, para que se possa promover uma aprendizagem significativa, na perspectiva da TAS, os processos de ensino e de aprendizagem devem se estruturar na interação entre conhecimentos prévios do sujeito que aprende e novos conhecimentos a serem construídos.

Nesse processo, de apropriação do conhecimento, novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios ganham novos significados, ou maior equilíbrio cognitivo, e a aprendizagem significativa se torna aquela capaz de relacionar e interligar as aprendizagens realizadas, tendo como base os conhecimentos pré-existentes do sujeito. Além disso, conhecimentos relevantes à nova aprendizagem, podem ser símbolos, modelos mentais e imagens ou seja, as ideias-âncora propostas por Ausubel (1982).

Ao conhecimento prévio, especificamente relevante à nova aprendizagem, este pode ser, por exemplo, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, assim, Ausubel (1982), o chama de subsunçor ou ideia-âncora. O autor define o subsunçor como sendo um conhecimento específico, existente na estrutura cognitiva de conhecimentos do indivíduo, ou seja, um facilitador de novos conhecimentos, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. O que poderá ocorrer tanto por recepção quanto por descobrimento. Deste modo, entende-se que a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles.

Conforme Moreira (1982), a aprendizagem significativa ressalta a aprendizagem receptiva e a aprendizagem por descoberta. A aprendizagem receptiva é aquela na qual o estudante recebe a informação, seja por meio de aula, vídeo, experiência no laboratório, prática de campo, entre outros. Nesse sentido, isso requer do estudante uma atividade cognitiva dinâmica e interativa de forma que ele relacione os novos conhecimentos adquiridos com os preexistentes na estrutura cognitiva dele. Por outro lado, durante a aprendizagem por descoberta, o estudante

deve procurar descobrir o que irá aprender e levar em consideração a predisposição e subsunçores próprios para aprender.

Na teoria de Ausubel (1982 *apud* MOREIRA, 1982), existem três tipos de aprendizagem significativa: a representacional, a de conceitos e a proposital. A aprendizagem representacional corresponde àquela que ocorre quando os símbolos arbitrários passam a representar significados de determinados objetos ou eventos em uma relação que admite um único significado; a aprendizagem conceitual acontece quando os conceitos indicam regularidades em eventos ou objetos, ou seja, o conceito construído passa a ser retratado por um símbolo, normalmente linguístico; e a aprendizagem proposicional é aquela na qual os significados de novas ideias são expressos na forma de uma proposição ou conteúdo, que pode ser tomado como verdade na forma subordinada, superordenada e combinatória.

No entendimento de Moreira (1982), a aprendizagem que mais ocorre na escola é a mecânica, considerada sem sentido e sem significado. Essa aprendizagem mecânica serve, na maioria das vezes, para fazer uma prova ou um teste e logo após a atividade ser esquecida e apagada do cognitivo do sujeito. Desse modo, verifica-se que nem sempre a aprendizagem mecânica se transforma em aprendizagem significativa. Para que essa transformação ocorra, depende da predisposição do estudante em aprender, ir além da construção de subsunçores adequadas à sua estrutura cognitiva.

A aprendizagem mecânica é definida, segundo Ausubel (1982), como a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes e importantes existentes em uma estrutura cognitiva. Nessa aprendizagem a nova informação é armazenada de maneira arbitrária, ou seja, essa nova informação não interage com a anterior previamente armazenada na estrutura cognitiva do sujeito. Para o autor, a nova informação é distribuída de maneira aleatória na estrutura cognitiva, de modo a não se ligar a nenhum conceito subsunçor específico já presente nessa estrutura cognitiva do indivíduo. Assim, a aprendizagem é considerada significativa caso a nova informação adquirida seja incorporada à estrutura cognitiva do sujeito de modo não arbitrário.

Pelizzari et al. (2002), destaca que a construção de conhecimentos significativos implica a amarração do que o estudante sabe com os conhecimentos novos, quer dizer, o conhecimento antigo com o conhecimento novo. A clássica repetição mecanizada para aprender deve ser deixada de lado na medida do

possível, tendo em vista que se deseja que ela seja ativa, deve-se assegurar, portanto, a auto-estruturação significativa, assim o estudante passa a ser o construtor de seu conhecimento, ou seja, existe, fundamentalmente, um indivíduo agindo e se transformando por sua própria ação.

Moreira (1982) relata que os estudantes deveriam realizar aprendizagens significativas por conta própria, o que na prática é o mesmo que aprender a aprender. Dessa forma, irão adquirir a compreensão de novas aprendizagens por meio de estruturas cognitivas prévias construídas pelo sujeito. Em seu entendimento, através de novas aprendizagens significativas, resultantes de novas interações entre novos conhecimentos e o subsunçor específico para o novo objeto de conhecimento, este ficará cada vez mais equilibrado, compreendido e diferenciado. Assim, o estudante dará a ele o significado adequado, baseado em leis previamente determinadas pela Ciência.

No entendimento de Pelizzari et al. (2002), a aprendizagem significativa no âmbito escolar, como proposto por Ausubel (1982), ocorre por dois tipos de aprendizagem: a aprendizagem significativa e a aprendizagem memorística. O primeiro tipo é relativo à maneira de organizar o processo de aprendizagem e a estrutura em torno da dimensão aprendizagem por descoberta, uma aprendizagem receptiva. Esse tipo refere-se à maneira como o aprendiz recebe os conteúdos que deve aprender. O segundo tipo remete ao processo que intervém na aprendizagem e origina um processo sem interrupções delimitado pela aprendizagem significativa, por um lado, e pela aprendizagem mecânica ou repetitiva, por outro. Nesse caso, essa distinção coloca, ou não, por parte do estudante, relações substanciais entre os conceitos que estão presentes em sua estrutura cognitiva e o novo conteúdo que é preciso aprender.

De acordo com Pelizzari et al. (2002), são duas as condições necessárias para que ocorra uma aprendizagem significativa na escola: a primeira deve ser o material de aprendizagem, potencialmente significativo e a segunda o estudante com uma predisposição para aprender. A primeira condição implica que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos, etc.) possa possibilitar aos estudantes a apropriação de novos conhecimentos e a segunda que os estudantes tenham em sua estrutura cognitiva prévia, condições básicas para o entendimento de novos conhecimentos.

No entendimento de Moreira (2014), a modelagem é uma atividade essencial da construção científica e da construção cognitiva. Em seu entendimento, tudo é 'construção': na ciência constroem-se conceitos, modelos e teorias. Assim, no funcionamento cognitivo, o primeiro passo para dar conta de uma situação nova é construir, na memória, um modelo mental dessa situação. Esses modelos quase sempre implicam algum nível de modelagem, inclusive a modelagem analógica, portanto, a modelagem analógica contribui como um importante componente no ensino de ciências.

O papel do professor na Aprendizagem Significativa é muito importante e segundo Moreira (1982), ao interpretar Ausubel (1982), ele tem o papel de identificar o que cada estudante sabe sobre um determinado assunto. Desse modo, o educador deve compreender as concepções prévias e, a partir daí, ensinar de acordo com essas concepções prévias. Isso deve ser feito mesmo que esse conhecimento possa ter sido ancorado em conhecimentos e concepções derivadas, como do senso comum. Portanto, cabe ao professor buscar compreender o conhecimento do estudante para ajudá-lo a construir concepções mais aprimoradas sobre o assunto. Portanto, a definição do conteúdo a ser ensinado deve ser feito por meio de uma série hierárquica e por meio de uma avaliação do que o estudante previamente conhece.

Além disso, na TAS Ausubel (1982) destaca que um dos outros papéis do professor é o de observar o estudante que não tem subsunçores relevantes para novos conhecimentos, desse modo, o professor deve facilitar e promover a construção do conhecimento antes de prosseguir. Para que isso ocorra o professor pode utilizar de organizadores prévios, pois os estudantes, geralmente, não percebem a relação entre os novos conteúdos de aprendizagem e os conhecimentos prévios. Nesse sentido, os professores têm como função fundamental ajudar os estudantes a perceberem que os novos conhecimentos podem estar relacionados a ideias anteriores.

3.2 Formação do espírito científico

As contribuições da teoria proposta por Bachelard (1996) sobre a Formação do Espírito Científico são apresentadas neste tópico e esclarecem sobre os obstáculos epistemológicos nos processos de ensino e de aprendizagem em ciências. Assim, apresenta-se alguns dos principais obstáculos ao progresso do conhecimento científico discutidos por Bachelard (1996).

Para Bachelard (1996), o processo de construção da ciência, as fronteiras desta e as diferenças em relação ao senso comum, apresenta a noção de obstáculo epistemológico como categoria central para compreender a pedagogia da processualidade da ciência. Ele explicita que o desenvolvimento do espírito científico ocorre através da superação desses obstáculos. Em seu entendimento, o obstáculo não é a resistência da natureza, nem os aspectos econômicos ou da fragilidade do pensamento humano, mas uma série de imperativos funcionais, lentidão e conflitos que causam estagnação ou até mesmo, regressão no próprio interior do ato de conhecer e por ele denominado obstáculo epistemológico. Nesse sentido, o autor afirma que “O ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização.”. (BACHELARD, 1996, p. 17) Assim, o desenvolvimento da ciência se dá por um processo descontínuo, onde há a necessidade de se romper com um conhecimento anterior, destruí-lo para poder assim construir um novo.

Segundo Bachelard (1996), o espírito científico, se constitui enquanto questiona os erros, supera os obstáculos e se especializa cada vez mais. É necessária uma ruptura entre o conhecimento não científico, não questionado em favor de um conhecimento problematizado e, portanto, científico. Assim, a inquietude é uma característica do novo espírito científico. É preciso estar em constante reforma do conhecimento apropriado, pois este não é eterno.

Nesse mesmo sentido, encontra-se em a “Formação do Espírito Científico” a seguinte afirmação:

O espírito científico deve formar-se contra a Natureza, contra o que é, em nós e fora de nós, o impulso e a informação da Natureza, contra o arrebatamento natural, contra o fato colorido e corriqueiro. O espírito científico deve formar-se enquanto se reforma. Só se pode aprender com a

Natureza se purificar as substâncias naturais e pôr em ordem os fenômenos baralhados (BACHELARD, 1996, p. 29).

Refletindo sobre as ideias de Bachelard (1996), com foco nos processos de ensino e de aprendizagem de ciências, entende-se ser indispensável a análise dos processos capazes de propiciar a construção de um saber pensar científico. Entende-se que a construção de um saber pensar científico, ou seja, de um espírito investigador, conforme proposto por Bachelard (1996), requer estratégias metodológicas centradas nos estudantes. Assim o espírito científico, segundo Bachelard (1996), forma-se enquanto os estudantes questionam os erros, superam os obstáculos e se especializam cada vez mais.

A formação do espírito científico passa, segundo Bachelard (1996, p. 11), por três estados:

- a) **estado concreto**, onde o espírito apropria-se das primeiras imagens e gera suas concepções iniciais;
- b) **estado concreto-abstrato**, onde o espírito, mesmo apegado a suas experiências, inicia um processo de generalização ao acrescentar esquemas científicos;
- c) **estado abstrato**, no qual o espírito já consegue problematizar suas experiências e gerar conhecimentos a partir de seus questionamentos.

Dessa maneira, os atos impeditivos à formação do espírito científico ocorrem em termos de obstáculos, ou seja, atos que provocam a estagnação e regressão no processo de evolução da ciência e de apropriação do próprio conhecimento, conforme enunciado pelo ele: “É no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma série de imperativo funcional, lentidões e conflitos.” (BACHELARD, 1996, p. 24). Assim, “[...] aquilo que cremos saber ofusca o que deveríamos saber.” (BACHELARD, 1996, p. 18). Nesse mesmo sentido, Zorzan (2005), afirma que os obstáculos podem ser compreendidos como resíduos de conceitos anteriores, que impedem mudanças de antigos conceitos importantes em um passado para novos conhecimentos. Portanto, “[...] ascender à ciência, é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado [...]” (BACHELARD, 1996, p. 18), ou seja, quando se apropria de um conhecimento, cria-se elementos que dificultam o próprio conhecimento.

Bachelard (1996, p. 23), na década de 1930, já anunciava seu espanto com a falta de percepção dos professores sobre as dificuldades no ensino de ciências e isto fica evidente em sua afirmação: “[...] acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda [...]”. Em sua obra "Formação do espírito científico", Bachelard (1996), categoriza os principais obstáculos ao progresso da ciência. Esses obstáculos epistemológicos, não só causam a estagnação da construção do pensamento científico, como também contribuem para o seu retrocesso. Ao mesmo tempo, ele faz referência a situações pedagógicas, nas quais essas categorias de obstáculos são uma barreira à apropriação do conhecimento científico. Daí entende-se que os obstáculos epistemológicos são obstáculos pedagógicos, já que blindam o processo cognitivo do estudante. De acordo com ele, esses obstáculos podem ser elencados assim:

- a) A Experiência Primeira;
- b) O Conhecimento Geral;
- c) O Obstáculo Verbal;
- d) O Conhecimento Unitário e Pragmático;
- e) O Substancialismo;
- f) O Realismo;
- g) O Animismo.

A Experiência Primeira - Para Bachelard (1996, p. 18), não se pode basear nada na opinião: antes de tudo, é preciso destruí-la. Ela é o primeiro obstáculo a ser superado. Não basta, por exemplo, corrigi-la em determinados pontos, mantendo, como uma espécie de moral provisória, um conhecimento vulgar provisório. “O espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza.”. De acordo com ele, na formação do espírito científico, o primeiro obstáculo é a experiência primeira, a experiência colocada antes e acima da crítica, crítica esta que é, necessariamente, elemento integrante do espírito científico. Já que a crítica não pode intervir de modo explícito, a experiência primeira não constitui, de forma alguma, uma base segura (BACHELARD, 1996, p. 29).

Fogaça (2008) entende que a experiência primeira enquanto obstáculo faz com que o estudante fique mais atraído pelo encantamento do experimento do que pela sua explicação científica. Nesse sentido, deve-se dar preferência às imagens e não às ideias, principalmente, quando o professor ao realizar um experimento, não toma o devido cuidado para que este seja apenas uma ferramenta auxiliar na construção do conhecimento ensinado e acaba por deixar que esse experimento se torne somente uma sucessão de resultados visualmente interessantes, ou seja, numa atividade experimental o professor não deve dar maior destaque ao lúdico. Um exemplo que poderia retratar essa situação seria o professor, ao trabalhar com a Terceira Lei de Newton, propor aos estudantes construir um foguete com garrafa Pet, vinagre, bicarbonato de sódio, uma rolha de cortiça e uma base de lançamento. Ele deveria promover uma reação química no interior da garrafa entre o bicarbonato de sódio e o vinagre a fim de obter gás carbônico, aumentando assim a pressão no interior da garrafa Pet fechada com a rolha de cortiça colocada na base de lançamento. Em um determinado instante a rolha poderá ser empurrada pela garrafa e poderá empurrar a garrafa como se ela fosse um foguete, comprovando assim o Terceiro Princípio de Newton. O fato é que o professor não deve valorizar apenas o movimento da garrafa como se fosse um foguete, até mesmo pelo motivo de que o experimento pode não funcionar conforme o esperado científico. É preciso valorizar o conhecimento científico contido no experimento para poder compreender o fato do foguete, por exemplo não ter subido.

Na interpretação de Trindade; Nagashima e Andrade (2019) a experiência primeira funciona como um obstáculo inicial para a cultura científica, pois ela é caracterizada como algo pitoresco, colorido, repleto de imagens, que chamam a atenção dos estudantes. Estas atitudes encontram-se cada vez mais presentes nas salas de aula pelo fato de ser uma maneira de entreter e encantar os estudantes, sendo considerada de fácil compreensão. Porém, é preciso entender que estes casos acabam causando uma ruptura e não uma continuidade entre observação e experimentação (BACHELARD, 1996).

O Conhecimento Geral - de acordo com Bachelard (1996), nada prejudicou tanto o progresso do conhecimento científico quanto a falsa doutrina do geral, que dominou de Aristóteles a Bacon, inclusive, e que continua sendo, para muitos, uma doutrina fundamental do saber. Com o objetivo de mostrar a imobilidade dos resumos muito gerais, ele nos alerta quanto ao uso do raciocínio indutivo, ou seja,

um tipo de raciocínio que parte de casos particulares para chegar à lei geral. Para ele, essa atitude do professor pode levar os estudantes a entendimentos incorretos ou incompletos da realidade natural e como exemplo apresenta uma afirmação na qual vários corpos caem e daí poderia-se inferir que ‘todos os corpos caem’ e esse fato não corresponde ao real. Exemplificando ele utiliza o pensamento de Aristóteles, que ensinava que os corpos leves, fumaça e vapor, fogo e chama, encontravam no empíreo (o céu) seu lugar natural, ao passo que os graves (pesados) procuravam naturalmente a Terra, e com isso, explicava toda a gravitação.

Para Fogaça (2008) e Melo; Libâneo (2017) na realidade o conhecimento comum vem carregado de generalizações. No entendimento deles, uma generalização ocorre quando uma lei fica tão clara, completa e fechada, que dificulta o interesse pelo seu estudo mais aprofundado e pelo seu questionamento. Isso significa que leva à imobilidade do pensamento. Todas as outras explicações vão derivar desse primeiro conhecimento geral; as mesmas respostas são dadas a todas as questões. São, portanto, generalizações pré-científicas, que podem tornar-se um conhecimento extremamente vago. O que é de acordo com Bachelard (1996), um grande obstáculo a ser rompido para alcançar o conhecimento científico. Exemplificando, poder-se-ia dizer que, em uma pesquisa de opinião, de 1000 pessoas ouvidas, 800 afirmassem gostar de estudar Física. Isso levaria a crer que 80% da população teria o mesmo posicionamento. Esse tipo de raciocínio não corresponde ao real.

O Obstáculo Verbal é caracterizado por Bachelard (1996), como sendo obstáculo ao pensamento científico, hábitos de natureza verbal, ou seja, trata-se de explicações verbais com referências a substantivos carregados de adjetivos, substituto de uma substância com ricos poderes. Na interpretação de Fogaça (2008), há uma tendência de se associar uma palavra concreta a uma abstrata. Dessa forma uma só palavra, funcionando como uma imagem pode ocupar o lugar de uma explicação. Vale ressaltar que muitas vezes o professor pensa que para facilitar a compreensão do conteúdo a ser estudado pelos estudantes, ele deve usar algumas analogias, metáforas, entre outros. No entanto, o mau uso destes recursos pode, muitas vezes, na realidade, dificultar e criar obstáculos para o aprendizado. Isso não significa que Bachelard (1996) seja contrário ao uso de metáforas e analogias no ensino, porém, estas devem ser usadas com estratégias adequados, por exemplo,

depois da explicação científica de uma teoria e jamais antes, pois devem ser um auxílio e não o foco principal, além disso deve-se levar em consideração o nível de conhecimento dos estudantes em relação ao conteúdo que será trabalhado.

Para Trindade, Nagashima e Andrade (2019), o obstáculo verbal é difícil de ser superado, pelo fato de estar apoiado em uma filosofia fácil. Isto acontece com certa frequência nas aulas de ciências, em que os fenômenos são explicados por meio de analogias, metáforas, expressões ou imagens, ocorrendo a associação de uma palavra concreta a uma palavra abstrata. Diante desta concepção abordada por Bachelard (1996) é importante ressaltar que diversos autores consideram as analogias e metáforas importantes para a aprendizagem dos estudantes, desde que desenvolvidas apenas como um suporte para chegar ao conhecimento científico.

No entendimento de Melo e Libâneo (2017), Bachelard (1996) denuncia algo que realmente está presente em nosso cotidiano em sala de aula, ou seja, situações em que às vezes uma única palavra constitui toda explicação. Isso é o que ele chama de obstáculo verbal. No ensino de ciências é muito comum ouvir palavras como, por exemplo, gravidade representando queda dos corpos, peso como sendo massa e aceleração como velocidade etc. Com essas confusões, entre estas grandezas, os estudantes ficam limitados para explicarem outras situações como, por exemplo, flutuação de corpos no espaço ou o tempo de queda de corpos com massas diferentes na presença do ar.

O Conhecimento Unitário e Pragmático - Segundo Bachelard (1996, p. 107) a unidade é um princípio sempre desejado e alcançado sem esforços. As diferentes atividades naturais tornam-se manifestações de uma única natureza. Não é aceitável que a experiência seja compartimentada. O próprio autor se manifesta declarando: “o que é verdadeiro para o grande deve ser verdadeiro para o pequeno, e vice-versa. À mínima dualidade, desconfia-se de erro. Essa necessidade de unidade traz uma multidão de falsos problemas.”.

No entendimento de Fogaça (2008), o conhecimento unitário é o obstáculo que se refere à crença numa unidade harmônica do mundo; assim, diversas atividades naturais se tornam manifestações de uma só natureza. E que o conhecimento pragmático para Bachelard (1996) é a procura do caráter utilitário de um fenômeno como princípio de explicação. Para Bachelard (1996) muitas generalizações exageradas provêm de uma indução pragmática ou utilitária. A partir de um fato verificado pode-se chegar a uma extensão satisfatória, mas o impulso

utilitário levará, quase que impreterivelmente, longe demais. Bachelard (1996) afirma que todo pragmatismo, pelo fato de ser um pensamento mutilado, acaba se tornando exagerado e que “[...] o homem não sabe limitar o útil. O útil, por sua valorização, se capitaliza sem medida. Eis um exemplo em que a indução utilitária age de modo infeliz.” (BACHELARD, 1996, p. 114).

O **Substancialismo** segundo Bachelard (1996), como todos os obstáculos epistemológicos, é polimorfo. Ele é constituído por intuições muito dispersas e até opostas. Por uma tendência quase natural, o espírito pré-científico condensa num objeto todos os conhecimentos em que esse objeto desempenha um papel, sem se preocupar com a hierarquia dos papéis empíricos. Atribui à substância qualidades diversas, tanto a qualidade superficial como a qualidade profunda, tanto a qualidade manifesta como a qualidade oculta.

De acordo com Fogaça (2008) e Melo e Libâneo (2017), esse obstáculo pode ser em parte oriundo do materialismo promovido pelo uso de imagens ou da atribuição de qualidades. Segundo eles, a preocupação de Bachelard (1996) nesse caso, era com as falsas explicações substancialistas, atribuindo-lhes qualidades diversas as quais em geral levavam a satisfação de mentes preguiçosas. Segundo Melo e Libâneo (2017), pensa-se como se vê, pensa-se o que se vê, por exemplo, a poeira gruda na parede eletrizada, logo, a eletricidade é uma cola, um visco.

Trindade, Nagashima e Andrade (2019), entendem que o substancialismo, destacado por Bachelard (1996), provém do uso de imagens ou da atribuição de qualidade aos fenômenos. São atribuídas às substâncias diversas características, tanto superficiais quanto profundas, tanto a característica manifesta quanto a oculta.

Para Bachelard (1996) a mentalidade alquímica ficou caracterizada pelo fato de ‘abrir’ substâncias. Ele cita que sempre que se está em busca de uma ‘chave’ para ‘abrir’ as substâncias. É comum a tendência que os leitores modernos têm de usar a palavra ‘chave’ no sentido figurado para distinguir uma fórmula incompreensível. Outro termo muito utilizado é a de ‘virar do avesso’ as substâncias, que estão sólidas no inconsciente, dando origem a um falso conceito de substância. Muitos alquimistas utilizavam este termo ao falar sobre diversas substâncias, como se houvesse uma contradição entre o interior e o exterior desta.

A substancialização de uma qualidade encontrada em uma intuição direta pode atrapalhar o progresso do pensamento científico, pois esta permite aos estudantes uma explicação temporária e decisiva. Portanto, falta-lhe dar uma

explicação teórica que provoque dúvidas nos estudantes. O espírito científico não pode se satisfazer com a ligação de um fenômeno a uma determinada substância, sem relacioná-la a outros objetos (BACHELARD, 1996).

Um dos fatores encontrados na sedução substancialista é o acúmulo de adjetivos para um mesmo substantivo. Pode-se perceber um empirismo que está longe de provocar experiências, o qual se aprimora apenas com o aumento de sinônimos. No entanto, para que aconteça o progresso do espírito científico é necessário diminuir o número de adjetivos que pertencem a um substantivo. Afinal, como afirma Bachelard (1996, p.140), na Ciência “[...] os atributos são pensados de forma hierárquica e não de forma justaposta.”.

O **Realismo** está relacionado com a experiência primeira. A relação com o mundo macroscópico e visual leva o aprendiz a construir um pensamento científico ao nível da abstração mais perto da estabelecida. Para Bachelard (1996) todo realista é um avarento e todo avarento é um realista. Este obstáculo acontece quando se propõe a investigação científica dentro do concreto, sem evoluir para o abstrato. Esta imagem apresenta as dimensões do homem e da molécula igualitária, em que este segura com as próprias mãos a extremidade da molécula. No entendimento de Fogaça (2008) e Trindade, Nagashima e Andrade (2019), para o realista, a substância de um objeto é aceita como um bem pessoal.

Para Melo (2017), as discussões dos sujeitos, ficam apenas na descrição das observações de suas experiências cotidianas, através de imagens e comparações, tornando-se assim, uma barreira para que ele possa abandonar o conhecimento de senso comum. Sendo uma descrição do real, do concreto em que deixa de lado o abstrato onde se perde todo o conteúdo realmente científico, por exemplo: um modelo do sistema solar não pode ser entendido como sendo o Sistema Solar real.

O **Animismo** - Trindade, Nagashima e Andrade (2019), destacam um obstáculo muito presente nas aulas de ciências que é o animismo, principalmente nas aulas de Física. Ao entender a ideia sobre substância e vida de forma ingênua, os valores do pensamento científico acabam sendo prejudicados. Muitos professores dão ‘vida’ a muitas representações para explicar determinado conteúdo. Por isso é importante destacar a ideia de Bachelard (1996, p. 191), ao dizer que “[...] vida é uma palavra mágica.”. É uma palavra valorizada. Qualquer outro princípio esmaece quando se pode invocar um “princípio vital”. De acordo com as autoras, o professor

ao explicar determinado conteúdo atribuindo a condição de 'vida' às substâncias, faz com que estas sejam animadas com um valor indiscutível. É de fácil entendimento quando se explica este obstáculo dividindo-o como algo biologicamente ou vivo ou inerte, ou seja, atribui-se um aspecto vital a algo relativamente inanimado. Um exemplo para retratar esse tipo obstáculo seria o de representar a atração entre o elétron e o núcleo atômico por duas pessoas que se gostam a partir de imagens animistas.

4 METODOLOGIA

Esta pesquisa seguiu uma abordagem qualitativa, que de acordo com Lakatos e Marconi (2019), é um tipo de investigação que objetiva compreender questões sem ter como intenção primeira a quantificação numérica dos resultados encontrados. Para Minayo; Deslandes e Gomes (1996), a pesquisa qualitativa não se atenta em explicar e quantificar, mas sim compreender as relações, representações e valores, ao levar em consideração vários fenômenos humanos que agrupados irão cultivar um ambiente oportuno para compreender e interpretar a realidade a ser pesquisada. Neste caso, trabalha-se com a participação efetiva e com relatos de experiências vivenciadas pelos sujeitos por meio de ações humanas objetivadas.

Esta pesquisa além de ter um caráter de cunho qualitativo, evidencia-se também com um caráter exploratório, que de acordo com Machado (2007), propicia uma aproximação do objeto que se investiga quando se coloca em prática o estudo teórico e destaca a importância da seleção de materiais e reflexões sobre estes de forma que contribuam para uma aproximação e compreensão do problema/objeto. Nesse caso, faz-se necessário dialogar com diversos outros autores, que trabalham o mesmo tema, para que se possa alicerçar o problema a ser investigado.

Essa investigação também é uma pesquisa-ação, que de acordo com Thiollent (1988), é um tipo de investigação social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou problema estão envolvidos de modo cooperativo e/ou participativo.

Por sua vez, Fonseca (2002) entende que na pesquisa-ação pressupõe-se uma participação planejada do pesquisador na situação problemática a ser investigada. Desse modo, a pesquisa deve seguir uma metodologia sistemática, no sentido de transformar as realidades observadas, a partir de sua compreensão, conhecimento e compromisso para a ação dos elementos envolvidos na pesquisa.

Para Gil (2008) a pesquisa-ação tem sido alvo de controvérsia devido ao envolvimento ativo do pesquisador e à ação por parte das pessoas ou grupos envolvidos no problema. Apesar das críticas, essa modalidade de pesquisa tem sido usada por pesquisadores identificados pelas ideologias reformistas e participativas.

Nesse método as respostas costumam não ser objetivas, pois o foco está no aspecto subjetivo do sujeito investigado. Enquanto Lakatos e Marconi (2017) apontam que mais especificamente em educação, e em particular no ensino de ciências, o principal método de procedimento é a observação direta intensiva. O que não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar fatos ou fenômenos.

Thiollent (1988) complementa afirmando que o pesquisador deve abandonar o papel de observador em proveito de uma atitude participativa e de uma relação sujeito a sujeito com os participantes, pois quando participa na ação, traz consigo uma série de conhecimentos que serão o substrato para a realização de sua análise reflexiva sobre a realidade e os elementos que a integram. Essa reflexão sobre a prática implica em modificações no conhecimento do pesquisador em função de sua participação direta durante o desenvolvimento e a implementação da pesquisa conforme o método de investigação escolhido.

Portanto, essa pesquisa segue uma abordagem qualitativa, de caráter exploratório e por ser uma investigação social com base empírica, é também uma pesquisa-ação.

4.1 Da revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica foi feita nas bases Springer Link, Scielo Brasil (Scientific Electronic Library Online), Eric ProQuest, Wiley online Library e no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo acesso remoto CAFE da Instituição CEFET-MG, com a busca dos descritores “Modelagem Analógica”, “Analogia”, “Modelos Didáticos”, “Ametropias” e “Ensino de Ciências”. Essa revisão teve como objetivo identificar artigos que se aproximavam do tema proposto na investigação, no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2020, com o intuito de contribuir com o aporte teórico desta pesquisa. Nesse processo, foram utilizados alguns operadores de truncamento, para filtrar os trabalhos e permitir uma melhor análise de artigos relevantes para a pesquisa.

Conforme Lakatos e Marconi (2017), a pesquisa bibliográfica tem o intuito de buscar por bibliografias públicas, como livros, revistas, jornais, dissertações, monografias, pesquisas, artigos, teses, entre outros. Podendo ser considerados,

também, os meios de comunicação oral, como rádios, filmes e televisão. De acordo com as autoras é preciso que o pesquisador entre em contato com as informações já escritas, ditas ou filmadas sobre a temática que irá discutir, para ter um melhor conhecimento do que já foi trabalhado e identificar lacunas na área.

Depois da identificação e seleção dos artigos, foi realizada uma leitura flutuante como proposto por Bardin (2016). Essa leitura flutuante foi realizada pela ordem proposta: título, palavras-chave, resumo, introdução e considerações finais dos trabalhos identificados para essa pesquisa. Essa leitura permitiu a seleção de estudos diretamente relacionados e alinhados com o tema desta investigação. “De que forma os processos de ensino e de aprendizagem mediados por modelos analógicos construídos pelos estudantes, os influencia na construção de conhecimentos nas Ciências, em particular, no conteúdo de Óptica Geométrica da Física no Ensino Médio?”.

4.2 Do caminho burocrático

Para a concretização desta pesquisa foi percorrido o seguinte caminho burocrático. O projeto de pesquisa foi encaminhado aos pareceristas para que avaliassem a proposta e viabilidade de sua implementação.

Após o retorno do projeto com os comentários e sugestões dos pareceristas foi realizada uma revisão analisando e atendendo às sugestões feitas por eles. Desse modo, as correções, inclusões e exclusões necessárias foram feitas. Em seguida, o projeto de pesquisa foi encaminhado para a avaliação do colegiado do Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG (PPGET). Após a aprovação pelo Colegiado, iniciou-se o processo de inclusão do projeto de pesquisa na Plataforma Brasil e encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/CEFET-MG).

O projeto de pesquisa, bem como todos os procedimentos metodológicos previstos para a pesquisa, foram submetidos ao CEP do CEFET-MG atendendo às Resoluções n. 466/12 e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Essas resoluções estabelecem que para toda e qualquer pesquisa envolvendo a participação de seres humanos (direta ou indiretamente), devem ser submetidas à

apreciação de um CEP, para avaliação da proposta com a finalidade de garantir proteção aos participantes da pesquisa.

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo CEP com o registro CAAE: 19204619.8.0000.8507. É importante enfatizar que os procedimentos desta pesquisa por ter contato com os participantes foram iniciados somente após a aprovação desta pelo CEP.

Após autorização do CEP, o pesquisador entrou em contato com a Direção Pedagógica do Colégio Santa Marcelina de Belo Horizonte (CSMBH), para solicitar permissão para realizar a pesquisa na instituição. Depois de apresentar e explicar os procedimentos metodológicos da investigação foi obtida a anuência da Direção Pedagógica.

Inicialmente, para a realização dos procedimentos da pesquisa, o pesquisador entrou em contato com a Coordenação de Ensino da Instituição, a fim de solicitar a participação de possíveis professores colaboradores para realização desta investigação. Em seguida, fez-se contato com os professores da área de ensino de ciências, convidando-os para participarem da investigação. Dois professores, um de Química e um de Biologia se dispuseram a participar desse estudo. Com o aceite dos professores colaboradores, foi feito o contato, presencial, com duas turmas da 2ª série do Ensino Médio do CSMBH, uma turma com 35 estudantes e a outra com 34 estudantes para os quais foi apresentado o projeto de pesquisa. Após a apresentação dos objetivos, justificativas e fases de desenvolvimento da pesquisa, os estudantes foram convidados a participarem da pesquisa. Dos 69 estudantes, das duas turmas, 30 estudantes se mostraram interessados em participar como colaboradores, para os quais foi entregue os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE D) e Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (APÊNDICE E). Dos 30 estudantes que demonstraram interesse em participar da pesquisa, 14 devolveram os Termos TCLE e TALE devidamente assinados. Estes participantes foram nomeados como P1, P2,..., P14, no sentido de preservar o anonimato dos participantes.

4.3 Da sequência didática

A sequência didática foi composta por sete módulos, com duração de 50 minutos cada um. Esse conjunto de atividades foi estruturado em etapas interligadas entre si.

Após o pesquisador ter analisado os dados apresentados pelos sujeitos colaboradores da pesquisa sobre suas concepções prévias, eles foram convidados a participarem do segundo encontro, porém o primeiro da sequência didática propriamente dita, conforme previsto na metodologia da pesquisa. Para esse encontro, foram necessários dois módulos (o primeiro e o segundo). Inicialmente, em aproximadamente dez minutos, ocorreu a organização dos participantes e a formação de grupos, sem a intervenção do pesquisador. Foram organizados quatro grupos (dois com quatro estudantes e dois com três estudantes) de acordo com suas preferências pessoais. Ainda neste encontro, houve o sorteio, pelos grupos, dos tópicos relacionados aos vícios de refração (ametropias) do olho humano (Miopia, Hipermetropia, Astigmatismo e Presbiopia), para esse sorteio foram necessários, aproximadamente, cinco minutos. Cada grupo sorteou um tópico relativo a uma das ametropias refrativas. Após o sorteio dos temas, os grupos se organizaram em locais distintos da escola e cada um deles fez um levantamento teórico sobre os vícios de refração sorteados, em fontes disponíveis, tais como: internet, livro didático, revistas, dentre outros, em aproximadamente 60 minutos. Nesse período cada grupo fez os apontamentos dos estudos específicos, para posterior socialização com os demais grupos. A etapa de socialização, sobre os estudos realizados por eles, aconteceu com apresentações expositivas das ametropias pelos grupos em um tempo aproximado de 25 minutos, ou seja, cada grupo teve um tempo médio de seis minutos para realizar sua apresentação.

Para o processo de construção de modelos, utilizou-se três módulos (o terceiro, o quarto e o quinto). Nessa etapa sugeriu-se aos grupos a construção de modelos analógicos para os vícios de refração do olho humano, baseando-se nos estudos realizados por eles sobre as ametropias estudadas e utilizando materiais de baixo custo e de uso no cotidiano dos participantes, tais como: massinha de modelar, garrafa Pet, potes de plásticos, tampinhas, pilhas etc., materiais estes sugeridos pelo pesquisador e encontrados em vários ambientes da escola e em suas

residências, cabe destacar que os participantes tinham a liberdade de escolher outros materiais de baixo custo para a construção dos modelos, que deveriam ser construídos de forma coletiva pelos integrantes do grupo (processo de modelagem). Quatro modelos, um por cada grupo, foram construídos.

Após a construção dos modelos, procedeu-se à socialização dos modelos analógicos construídos pelos grupos, quando ocorreu um debate sobre a comparação entre o olho humano e uma máquina fotográfica analógica. Para esta parte foram necessários dois módulos (o sexto e o sétimo). Além disso, foram utilizados dois modelos planos, para propiciar as comparações entre eles, um do olho humano e outro de uma máquina fotográfica. Durante a apresentação dos modelos, o pesquisador avaliou, junto aos participantes, as alusões às limitações relativas aos modelos construídos.

O Questionário - pós-atividade, foi aplicado em um módulo (o nono) com o objetivo de avaliar se a sequência didática aplicada produziu alguma modificação no entendimento dos participantes em relação aos objetos de conhecimentos estudados e aos procedimentos metodológicos vivenciados nessa investigação.

4.4 Dos questionários

O instrumento de coleta de dados para esta pesquisa foi o questionário semiestruturado. Conforme enfatizado por Gil (2008), o questionário, como um método de coleta de dados, corresponde a uma série de questões, as quais serão respondidas visando a obtenção de informações que possam orientar a temática discutida.

O uso desses instrumentos teve o intuito de reunir informações sobre o entendimento dos participantes a respeito das ametropias da visão humana, de forma a se obter dados, que pudessem fornecer os esclarecimentos suficientes para responder a questão proposta nesta investigação.

O questionário pré-atividade (APÊNDICE A) foi subdividido em duas partes, a primeira composta de três itens sobre o perfil do participante e a segunda com oito itens sobre os conhecimentos prévios dos participantes sobre os vícios de refração

do olho humano, nas quais os participantes relataram de forma escrita, suas percepções em relação aos itens propostos.

O questionário pós-atividade (APÊNDICE B), foi construído em três partes. A primeira, com dois itens a respeito dos modelos construídos pelos participantes desta investigação. A segunda, composta por cinco itens sobre os processos de ensino e de aprendizagem mediados por modelos analógicos. A terceira, com dois itens sobre o processo de modelagem analógica e análise coletiva a respeito da sequência didática vivenciada por eles nessa investigação.

4.5 Da validação dos questionários

Os questionários foram validados por quatro participantes não pertencentes ao grupo pesquisado. Esta etapa foi realizada com o objetivo de identificar possíveis questões com redação inadequada que pudessem trazer um entendimento insatisfatório e possíveis respostas incorretas aos itens propostos nos questionários, aos quais poderiam confundir e comprometer a qualidade dos dados coletados.

De acordo com o relato desses validadores, a redação das questões estava clara e de forma direta, sem problemas de entendimento. As dificuldades apontadas foram relativas ao conhecimento específico necessário para responder aos itens propostos.

4.6 Da observação

A observação participante ou ativa, de acordo com Gil (2008) desempenha papel imprescindível no processo de pesquisa. Assim, a observação foi utilizada nessa etapa, conjugada a outras técnicas ou utilizada de forma exclusiva, uma vez que esta é utilizada, exclusivamente, para a obtenção de dados em muitas pesquisas, e por estar presente também em outros momentos da pesquisa, a observação chega mesmo a ser considerada como método de investigação.

4.7 Dos dados

Após a aplicação dos questionários, os dados foram categorizados e tabulados com objetivo de estabelecer um agrupamento para as respostas de padrões similares. A tabulação dos dados seguiu os procedimentos metodológicos da análise de conteúdo proposto por Bardin (2016), com uma sequência ordenada das etapas, para melhor compreensão e interpretação dos dados coletados. A partir da sequência em etapas foi possível a compreensão e a interpretação simplificada dos dados. Desse modo, essa sequência da pesquisa consistiu em uma pré-análise e teve como objetivo a organização das respostas dos participantes para possibilitar a criação de categorias em conformidade com as questões de pesquisa.

Na análise dos dados buscou-se a triangulação das informações juntamente com a sustentação teórica a partir da revisão de literatura selecionada anteriormente, com o intuito de favorecer a verificação do pressuposto “De que forma os processos de ensino e de aprendizagem mediada por modelagem analógica concebidos pelos participantes, os influencia na construção de conhecimentos nas Ciências da Natureza, em particular, no conteúdo de Óptica Geométrica da Física no Ensino Médio?”.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Este capítulo é dedicado à apresentação e análise dos dados encontrados, ou seja, das respostas obtidas junto aos participantes da pesquisa por meio dos instrumentos de coleta de dados.

Os participantes dessa pesquisa foram 14 estudantes matriculados regularmente e cursando o segundo ano do Ensino Médio em uma escola privada de Belo Horizonte MG. O conteúdo de vícios de refração do olho humano faz parte da matriz curricular da disciplina de Física do segundo ano do Ensino Médio, conforme proposto pela BNCC.

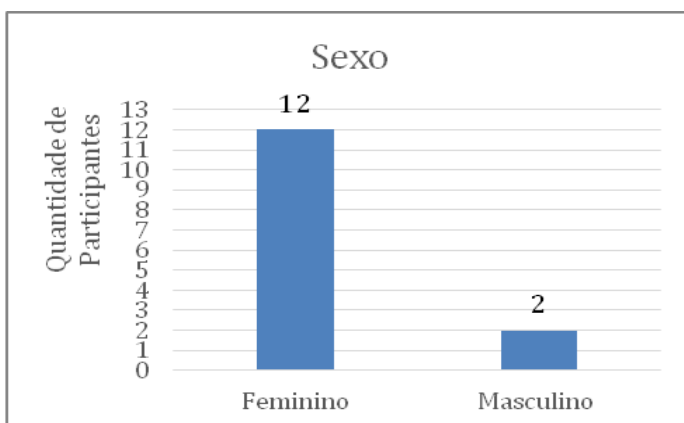
5.1 Dados dos perfis dos participantes

A primeira parte do questionário pré-atividade (APÊNDICE A), tratou do perfil dos participantes e constou de três itens que procurou identificar o sexo, idade e em que tipo de rede de ensino (pública ou privada) cursaram a educação fundamental.

O primeiro item teve como objetivo identificar o sexo dos participantes.

O GRÁF. 1, apresenta a distribuição dos dados referente ao sexo dos participantes desta pesquisa.

Gráfico 1 - Perfil de Sexo dos Participantes



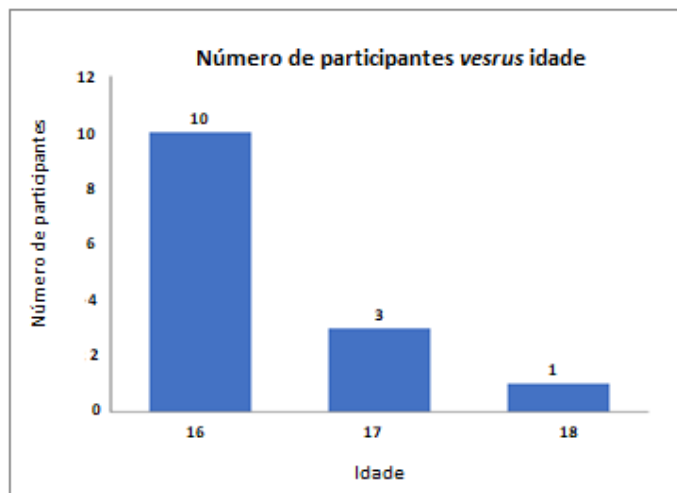
Fonte: Miranda, 2021.

Pode-se observar, no GRÁF. 1, que dos 14 participantes 12 são do sexo feminino e dois do sexo masculino. Cabe ressaltar que pela distribuição dos dados nos mostra que as estudantes participantes se mostraram mais interessadas em participar dessa investigação.

O item 2 teve como objetivo identificar a idade dos participantes.

No GRÁF. 2 é apresentada a distribuição de idade dos 14 participantes da pesquisa.

Gráfico 2 - Número de participantes *versus* idade



Fonte: Miranda, 2021.

O GRÁF. 2 mostra a distribuição das idades dos 14 participantes da pesquisa: sendo 10 com 16; três com 17 e um com 18 anos. Pode-se observar que os participantes dessa investigação estão dentro da faixa etária, regular, correspondente à segunda série do ensino médio.

O terceiro item procurou identificar o tipo de rede de ensino (pública ou privada) onde os participantes cursaram o ensino fundamental. Esses dados estão dispostos na TAB. 2.

Tabela 2 - Tipo de rede de ensino

Rede de Ensino	Número de estudantes
Pública	0
Privado	13
Misto	1

Fonte: Miranda, 2021.

Os dados da TAB. 2 mostram que dos 14 participantes, 13 cursaram a educação fundamental na rede privada e apenas um cursou o ensino fundamental, de forma mista, ou seja, parte na rede pública e parte na rede privada. Cabe destacar que nesta amostra não houve nenhum participantes que cursou todo o ensino fundamental na rede pública.

5.2 Dados sobre os conhecimentos prévios dos participantes

A segunda parte do questionário pré-atividade, composto por oito itens, buscou identificar os conhecimentos prévios dos participantes da investigação sobre modelo, analogia, exemplos de analogias, vícios de refração do olho humano, partes do olho humano e funções das partes do olho humano.

No item 4, procurou-se identificar o entendimento dos participantes relativo ao termo modelo.

A partir dos dados obtidos por meio do questionário pré-atividade (APÊNDICE G), referente ao conceito do termo modelo, foi possível classificar as respostas em cinco categorias conforme mostrado na TAB. 3.

Tabela 3 - Categorias de conceitos de modelo

Categoria	Quantidade de estudantes
Objeto material/Modelo didático	7
Objeto material	3
Modelo Didático	2
Pessoa/padrão	1
Indefinida	1

Fonte: Miranda, 2021.

A TAB. 3 mostra as categorias (objeto material/Modelo didático; objeto material; modelo didático; pessoa/padrão e indefinida) construídas de acordo com nosso entendimento de forma a melhor representar os conceitos dos participantes sobre o termo modelo.

Na categoria objeto material/modelo didático, classificou-se sete registros deixados pelos participantes (P1, P3, P5, P6, P8, P9 e P13). Esses participantes, de acordo com a percepção deste pesquisador, entendem o termo modelo como sendo

um objeto material ou como modelo didático. Para esta categoria o registro que melhor a representa é o deixado pelo participante P6 quando escreve: *“Representação de algo através de uma imagem ou maquete/ Modelo de Thompson”* (P6).

Pode-se observar que o participante P6, apresentou o Modelo de Thompson com referência, possivelmente por já ter estudado este conteúdo no primeiro ano na disciplina de Química que apresenta este conceito como modelo.

Os participantes P2, P7 e P10, foram incluídos em uma mesma categoria, por se referirem ao termo modelo apenas como um objeto material. É possível verificar esse fato por meio do texto do participante P7, no qual escreve que modelo é *“uma obra parecida que servirá de inspiração para uma criação ou situação ou imitará uma situação / Plantas de prédios, modelo para a construção real”* (P7), ou seja, no entendimento dele, os modelos são objetos que estão diretamente relacionados aos projetos associados à construção civil.

O conceito do participante e o exemplo que ele cita nos faz pensar que talvez ele tenha de alguma forma contato com tais objetos.

Outra categoria que conseguimos identificar foi representada pelos participantes P4 e P11, que relataram entender o termo modelo como modelo didático. Essa categoria fica bem representada pelo texto do participante P11, que registrou da seguinte forma seu entendimento: *“criação feita com o objetivo de criar ou remontar sistemas de forma a compreendê-los ou apresentá-los em sua forma ideal/modelos atômicos, Dalton, feitos para representar a ideia de um átomo”* (P11).

Neste estudo foi criada uma categoria para o participante P14, que relatou que *“modelo seria uma pessoa ou um padrão a ser seguido”* (P14). Pelo entendimento deste pesquisador, o termo padrão refere-se a substantivo carregado de adjetivos, fato esse que pode ter levado o participante a entender o modelo como sendo algo a ser copiado.

Não foi possível classificar a resposta do participante P12. Que em seu relato escreveu: *“exemplo a ser seguido em relação a alguma área, conhecimento e demais aspectos, como diversas provas que realizamos durante nossa vida escolar, principalmente, no Ensino Médio / Modelo padrão do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)”* (P12). Esse dado foi categorizado como sendo indefinido, por não encontrar nenhum elemento/conexão nele capaz de permitir sua inserção em uma das outras categorias criadas.

A partir dos dados obtidos e registrados da TAB. 3, pode-se destacar que o fato do termo modelo ser polissêmico, poderia ter influenciado os participantes em suas respostas de acordo com suas concepções prévias a respeito desse termo e de seus significados. É importante enfatizar a necessidade de uma reflexão quanto ao uso deste termo e sobre sua importância no ensino de ciências. Salienta-se também que dos 14 participantes desta investigação, nove (P1, P3, P4, P5, P6, P8, P9, P11 e P13), fizeram referência ao termo modelo como sendo modelo didático, aspecto importante para este estudo.

Nesta pesquisa, adotou-se o conceito de 'modelo' como sendo ideias, objetos, eventos, sistemas ou processos indispensáveis nas explicações de objetos de conhecimentos das Ciências que podem, ou não, ser fundamentados em analogias. Esse conceito foi construído com base nos conceitos de modelo apresentados por: (MOREIRA, 1996; GILBERT; BOULTER; RUTHERFORD, 1998; CUPANI; PIETROCOLA, 2002; WESTPHAL; PINHEIRO, 2004; KNUUTTILA, 2005; BATISTA, SALVI E LUCA, 2011; MOZZER; JUSTI, 2018).

5.3 Categorias de conceitos de analogia dos participantes enquanto concepções prévias

No quinto item do questionário pré-atividade (APÊNDICE H), procurou-se identificar a concepção dos participantes relativos ao termo analogia.

Os dados obtidos, por meio do questionário pré-atividade, referente ao conceito do termo analogia foram categorizados em quatro categorias: Comparação; Comparação/Relação; Relação; e Representação, conforme mostrado na TAB. 4.

Tabela 4 - Categorias de conceitos de analogia

Categorias	Quantidade de estudantes
Comparação	5
Comparação/Relação	4
Relação	4
Representação	1

Fonte: Miranda, 2021.

Na categoria comparação, foram classificados cinco registros deixados pelos participantes (P4, P5, P10, P11 e P14). Esses estudantes relataram entender o termo analogia como sendo exclusivamente uma comparação entre objetos, situações ou pessoas. Para esta categoria o registro que melhor a representa é o deixado pelo participante P10 quando escreve: “*A analogia ocorre quando há uma comparação entre objetos, situações ou pessoas que estão em contextos distintos.*” (P10).

Verifica-se a partir do relato do participante P10, que ele foi bem claro a respeito do que considera ser uma analogia e qual é sua utilidade. Para ele, a comparação entre objetos, situações ou pessoas é um fator indispensável e necessário para se criar uma analogia. Cabe considerar que essa descrição se aproxima muito do conceito de analogia proposto por diversos autores citados nesta investigação. Nesta pesquisa, adota-se o conceito de ‘analogia’, como sendo uma comparação entre estruturas de dois domínios distintos, sendo um domínio conhecido e o outro desconhecido. Esse conceito foi construído com base nos conceitos de analogia apresentados por: (DUI, 1991; FERRAZ; TERRAZZAN, 2001; FRANCISCO JÚNIOR; PETERNELE; YAMASHITA, 2009; DUARTE, 2016; RAMOS; ORTEGA, 2019).

Os participantes, P3, P6, P12 e P13, que se encontram listados na categoria comparação/relação compreendem o termo analogia como uma forma de comparar e relacionar objetos. Para ilustrar o afirmado por esses participantes, pode-se analisar o que foi apresentado pelo participante P3, ao escrever: “*é aquilo que é semelhante a uma coisa, onde elas são comparadas umas com as outras e relacionadas em determinado contexto*” (P3).

Conforme o participante P3, pode-se entender que uma analogia além de ser uma comparação em busca de uma semelhança entre objetos, também pode ser vista como uma relação entre eles.

Fica implícito, e é possível perceber, pelo texto escrito por P3, que, em seu entendimento, há a necessidade de relacionar estruturas diferentes para ser uma analogia e dessa forma a ideia de P3, se aproxima das ideias de Duit (1991). De maneira semelhante ao participante P10 o participante P3 descreve um texto que tangencia o nosso entendimento por analogia.

De acordo com os participantes P1, P7, P8 e P9 o termo analogia se refere a uma relação entre objetos. Esse fato pode ser evidenciado pelo registro do

participante P7, ao escrever que uma analogia é *“uma relação que se faz de uma coisa com outra por apresentarem semelhanças. Analogia é, então, descrever uma correlação”* (P7).

A categoria representação foi criada para mostrar as ideias do participante P2, na qual afirma ser analogia uma *“representação ou recordação da ideia de um texto em outro”* (P2).

Dessa maneira, verifica-se que caracterizar as analogias em apenas uma categoria, muitas vezes pode não ser suficiente para a compreensão e a construção do conhecimento. Nesse entendimento, do ponto de vista da construção do conhecimento científico, foi possível verificar por meio da literatura utilizada neste estudo, que vários autores conceituam o termo analogia, de maneira convergente, como sendo uma comparação entre estruturas de dois domínios distintos, sendo um domínio conhecido e o outro desconhecido.

Desse modo, infere-se que provavelmente algumas intervenções didáticas que foram utilizadas com estes participantes, em alguns ambientes de aprendizagem, com analogias, talvez não tenham atingido o efeito esperado. Esse fato pode estar relacionado ao potencial de inferência das analogias que foram utilizados. É importante destacar que, Bachelard (1996), esclarece a importância de ao final dos processos de ensino e de aprendizagem que os participantes sejam capazes de abandonar as analogias a fim de ficarem apenas com o conhecimento científico interiorizado.

5.4 Exemplos de analogias dos participantes enquanto concepções prévias

No sexto item do questionário pré-atividade (APÊNDICE I), procurou-se identificar as concepções prévias dos participantes relativas a exemplos de analogias.

A partir dos dados obtidos no questionário pré-atividade, referente aos exemplos de analogias, foi possível identificar quatro categorias com o objetivo de permitir uma melhor compreensão dos exemplos relatados pelos participantes. Essas categorias foram nomeadas, conforme proposto por Ferraz e Terrazzan (2001) da seguinte forma: simples; enriquecida; estendida; e indefinida. É importante

relatar que o participante P5 não citou nenhum exemplo de analogia e, portanto, não pode ser categorizado.

A TAB. 5 mostra a distribuição dos exemplos fornecidos pelos participantes.

Tabela 5 - Categorias de exemplos de analogia

Categorias	Quantidade de Estudantes
Simple	6
Estendida	4
Enriquecida	2
indefinida	1

Fonte: Miranda, 2021. (FERRAZ; TERRAZZAN, 2001).

Na categoria exemplos de analogias simples, foram classificados seis registros deixados pelos participantes (P2, P6, P7, P10, P11 e P12). Em seus exemplos, eles não fazem o mapeamento de qualquer atributo do domínio alvo ou análogo. Portanto, optou-se por classificar esses exemplos como simples. Para esta categoria o registro que melhor a representa é o deixado pelo estudante E6 quando escreve: *“As tubulações hidráulicas de uma casa e a água que passa por elas podem fazer uma analogia com os vasos sanguíneos do corpo e o sangue presente nele. Nesse sentido, ambos os ‘tubos’ são canais ligados entre si que conduzem líquidos.”*(P6).

Esses seis exemplos de analogias, descritos pelos participantes, foram categorizados como analogias simples conforme proposto por Ferraz e Terrazzan (2001), pois são analogias que não faz mapeamento de qualquer atributo do domínio alvo ou análogo. Simplesmente comparam uma estrutura do domínio alvo com uma do domínio análogo de forma breve.

Pode-se observar que no texto escrito pelo participante P6, ele simplesmente compara as tubulações hidráulicas com os vasos sanguíneos sem mencionar qualquer atributo como por exemplo a diferença de rigidez destes sistemas.

Os participantes P1, P4, P8 e P13, foram relacionados na categoria de exemplo de analogia estendida. Eles relataram a comparação do olho humano com uma câmera fotográfica analógica. O melhor exemplo dentre eles para essa categoria foi fornecido pelo participante P8 que escreveu: *“O olho humano com a câmera (sem ser a digital)”* (P8).

Esses quatro exemplos de analogias como analogias estendidas foram categorizados conforme proposto por Ferraz e Terrazzan (2001), pois vários atributos do conceito alvo são explicados e fazem correspondências ao análogo. Também, uma analogia estendida pode incluir as limitações da relação analógica. Além disso, uma analogia estendida pode conter ainda mais de um análogo, complementar ao primeiro.

Os participantes, P3 e P9, se encontram listados na categoria enriquecida, pois deram como exemplo de analogia filmes com conteúdo científico, no qual são utilizados para estabelecer uma relação análoga entre conceitos científicos, como por exemplo: *“buracos de minhoca são como túneis formados por grandes distorções no espaço-tempo”*.

De acordo com a percepção deste pesquisador esses dois exemplos de analogias, descritos pelos participantes, foram categorizados como analogias enriquecidas conforme proposto por Ferraz e Terrazzan (2001), pois fazem o mapeamento explícito de algum atributo do domínio alvo, ou seja, especificam correspondência(s) para as relações analógicas entre o alvo e análogo.

Em situações nas quais o conceito científico é muito abstrato, geralmente os professores podem recorrer a este tipo de estratégia com auxílio de filmes para motivar os participantes e possibilitar uma melhor compreensão dos conceitos científicos.

Não foi possível classificar a resposta do participante P14. Ele citou que um exemplo de analogia seria *“Quando duas pessoas possuem opiniões parecidas sobre determinado assunto”* (P14). Esse dado foi categorizado como sendo indefinido, por não encontrar nenhum elemento e ou conexão nele capaz de permitir sua inserção em uma das categorias criadas.

5.5 Categorias de vícios refrativos apresentadas pelos participantes enquanto concepções prévias

No item 7, procurou-se identificar o conhecimento prévio dos participantes relativo ao entendimento sobre vícios de refração do olho humano.

A partir dos dados obtidos pelo questionário pré-atividade (APÊNDICE J), referente ao entendimento dos participantes sobre ametropias, foi possível identificar três categorias de respostas conforme mostrado na TAB. 6.

Tabela 6 – Categorias de vícios refrativos

Categorias	Quantidade de participantes
Defeito	11
Problema	3
Doença	1

Fonte: Miranda, 2021.

Pode-se observar, na TAB 6, que dos 14 participantes, 11 entendem ametropias como sendo defeitos da visão, três deles compreendem como um problema e apenas um participante como um defeito. Cabe destacar que o participante P14, foi incluído em duas categorias, portanto a soma da quantidade de participantes é maior que o número efetivo de participantes da pesquisa.

Na categoria defeito, os participantes P1, P2, P3, P4, P6, P9, P10, P11, P12, P13 e EP4, relataram que ametropias são defeitos da visão. Este fato é melhor representado pelo relato do participante P3, que descreveu: *“Defeitos de visão, ou seja, quando a imagem não chega de forma correta na retina devido a distorções de alguns elementos do olho”*. Essa explicação pode estar relacionada a estudos anteriores na educação fundamental e/ou na biologia do primeiro ano do Ensino Médio, que pode induzir a tal entendimento, de acordo com (BETTIOL, 2012).

Na categoria problema da visão, são apresentados os relatos dos participantes P5, P7 e P8. No entendimento deles o termo mais apropriado para se referir às ametropias seria entendê-las como um problema e não como um defeito. Esse entendimento ficou bem representado pelas palavras do participante P8 que relatou ser uma ametopia *“problemas de visão, muitas vezes colocados como defeitos, que impedem a visão perfeita”* (P8).

A outra categoria criada foi a doença da visão, que foi representada pelo participante P14, que descreveu ametopia como uma doença dos olhos. Esse fato permitiu, de acordo com o entendimento deste pesquisador, colocá-lo em duas categorias. Foi possível perceber que ele não tinha clareza ao optar pela utilização do termo doença ou do termo defeito. Isso pode ser observado em suas palavras:

“Doenças relacionadas ao olho, isto é, quando a pessoa possui algum defeito na sua visão” (P14).

A partir da categorização foi possível observar que os participantes não têm o mesmo entendimento quanto ao uso desses termos. É possível perceber que deveria existir um termo que fosse um consenso. Quanto a isso existem estudiosos nessa área que tem utilizado o termo “vícios de refração” que pode ser mais adequado quanto ao trato em relação às pessoas e isento de preconceitos em concordância com Valério Netto (2003).

5.6 Categorias de tipos de ametropias apresentadas pelos participantes enquanto concepções prévias

No oitavo item do questionário pré-atividade (APÊNDICE K), procurou-se identificar a compreensão dos participantes em relação aos tipos de vícios de refração do olho humano.

A partir dos dados foi possível identificar quatro categorias de respostas conforme mostrado na TAB. 7.

Tabela 7 - Categorias de tipos ametropias

Categorias	Quantidade de participantes
Miopia	11
Hipermetropia	1
Astigmatismo	1
Presbiopia	1

Fonte: Miranda, 2021.

Com base nos dados apresentados na TAB. 7, pode-se observar que 11 participantes (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10 e P14) dos 14, citaram **miopia**, um participante (P12) citou **hipermetropia**, um participante (P13) citou **astigmatismo** e um (P11) citou **presbiopia**.

Cabe ressaltar que esses participantes, já haviam estudado esse objeto de conhecimento que faz parte do currículo do ensino fundamental e da biologia do Ensino Médio e torna evidente que suas respostas foram fundamentalmente convergentes para o vício de refração miopia. Este fato pode estar relacionado com

o vivenciam em seus cotidianos, haja vista que atualmente existem mais pessoas no mundo com miopia do que qualquer outra ametropia. (MACEDO, 2020).

5.7 Categorias explicações para as ametropias citadas pelos participantes enquanto concepções prévias

No nono item do questionário pré-atividade (APÊNDICE L), foi pedido aos participantes que explicassem, sucintamente, o vício de refração que ele citou no item anterior deste questionário.

A partir dos dados obtidos no questionário pré-atividade, referente à explicação da analogia citada pelos participantes, foi possível criar três categorias com o objetivo de permitir um melhor entendimento das explicações relatadas por eles. Essas categorias foram nomeadas como: correta, parcialmente correta e incorreta, bem como a distribuição dos participantes quanto às explicações, conforme a TAB. 8.

Tabela 8 - Explicações das Ametropias

Explicações das ametropias	Quantidade de participantes
Correta	9
Parcialmente correta	4
Incorreta	1

Fonte: Miranda, 2021.

Considerando a categoria explicação **correta**, foi possível identificar os participantes (P2, P4, P6, P9, P10, P11, P12, P13 e P14) que explicaram de forma correta o vício de refração citada no item anterior. O registro deixado pelo participante P14 é o que representa melhor a explicação correta de um o vício de refração. Ele explicou que uma pessoa é míope “*Quando o globo ocular é muito alongado, e, por isso, a imagem é formada antes da retina, o que dificulta o indivíduo a enxergar de longe. Assim, para a correção da miopia, usa-se lentes divergentes*”, (P14).

Os participantes (P1, P3, P7 e P8) explicaram de maneira **parcialmente correta**. Como por exemplo, o caso do participante P8, que iniciou a explicação de

forma correta, entretanto, confundiu os conceitos no final da explicação, o vício de refração lembrada por ele foi a miopia e a pessoa míope tem, normalmente, um globo ocular alongado, e não que o comprimento do olho é menor como ele descreveu *“É uma ametropia que atrapalha a visão de objetos em uma maior distância. Ela acontece devido a convergência dos raios luminosos ou de um comprimento menor do olho”*, (P8).

Na categoria **incorreta**, o participante P5, não explicou satisfatoriamente o vício de refração escolhida por ele. O texto registrado por ele foi: *“Quando os raios luminosos se cruzam e formam a imagem atrás da retina, sendo necessária uma lente convergente para corrigi-la”* (P5). O entendimento da resposta dele, portanto, foi que ele confundiu o conceito de miopia com o de hipermetropia.

Para o hipermetrope a imagem nítida de um objeto se forma atrás da retina, porém ela é interceptada pela retina ficando não nítida. Por sua vez, na miopia a imagem nítida de um objeto se forma na frente da retina. A miopia se deve, geralmente, por um dos dois motivos: o primeiro o fato de o cristalino do míope ser demasiado convergente e o segundo o fato de o globo ocular do míope ser alongado em relação ao olho emétrepe (normal). Como o vício de refração citado por ele foi a miopia, logo a explicação está associada à hipermetropia. Cabe ressaltar que a lente corretiva que ele sugere foi a convergente e para a correção da miopia seria necessário uma lente divergente.

5.8 Categorias quantidades de partes do olho humano citados pelos participantes enquanto concepções prévias

No 10º item deste questionário pré-atividade (APÊNDICE M), foi solicitado aos participantes que citassem as partes constituintes do olho humano. Com base nos dados, foi possível identificar as partes citadas por cada participante bem como a quantidade de partes citadas.

De posse dos dados relativos a esse item do questionário pré-atividade, foi possível construir o QUAD. 2.

Quadro 2 - Partes do olho humano

Participantes	Cite algumas partes que estão presentes no olho humano
P1	Cílios – Cristalino – Íris – Pupila – Retina
P 2	Cristalino – Nervo Óptico – Pupila – Retina
P 3	Cristalino – Pupila – Retina
P 4	Cristalino – Nervo óptico – Pupila – Retina
P 5	Cristalino – Pupila – Retina
P 6	Cílios – Íris – Pupila – Retina
P 7	Córnea – Bastões e Bastonetes – Pupila – Retina
P 8	Cones e Bastonetes – Córnea – Cristalinos – Humor Vítreo – Íris – Nervo Óptico – Pupila
P 9	Córnea – Cones e Bastonetes – Íris – Nervo Óptico – Retina
P 10	Cristalino – Íris – Nervo Óptico
P 11	Cristalino – Globo Ocular– Nervo Óptico – Retina
P 12	Cones e Bastonetes – Cristalino – Globo Ocular – Retina
P 13	Córnea – Cones e Bastonetes – Pálpebra – Pupila – Retina
P 14	Cones e Bastonetes – Íris – Globo Ocular – Músculo Ciliar – Pupila – Retina

Fonte: Miranda, 2021.

No QUAD. 2 pode-se verificar que três participantes citaram três partes do olho humano (P3, P5 e P10); seis citaram quatro partes (P2, P4, P6, P7, P11, P12); três citaram cinco partes (P1, P9, P13); um participante citou seis partes do olho humano (P14); e um outro citou sete partes (P8).

De maneira complementar, as partes citadas bem como o número de vezes que foram citadas pelos respectivos participantes estão representadas no QUAD. 3

Quadro 3 - Frequência das partes do olho citadas

Parte do Olho Humano	Quantidade de participantes
Retina	12 - (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P9, P11, P12, P13 e P14)
Pupila	10 – (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P13 e P14)
Cristalino	9 - (P1, P2, P3, P4, P5, P8, P10, P11 e P12)
Íris	6 - (P1, P6, P8, P9, P10 e P14)
Nervo Óptico	6 - (P2, P4, P8, P9, P10 e P11)
Cones e Bastonetes	6 - (P7, P8, P9, P12, P13 e P14)
Córnea	4 – (P7, P8, P9 e P13)
Globo ocular	3 - (P11, P12 e P14)
Cílios	2 – (P1 e P6)
Músculo Ciliar	1 – (P14)
Humor Vítreo	1 – (P8)
Pálpebra	1 – (P13)

Fonte: Miranda, 2021.

É possível observar no QUAD. 3 que as citações feitas sobre a **retina** apareceram 12 vezes (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P9, P11, P12, P13 e P14). As citações correspondentes à **pupila** foram feitas por 10 participantes (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P13 e P14). Nove participantes citaram o **cristalino** (P1, P2, P3, P4, P5, P8, P10, P11 e P12). Seis citaram a **íris** (P1, P6, P8, P9, P10 e P14). Outros seis citaram o **nervo óptico** (P2, P4, P8, P9, P10 e P11). Seis participantes citaram **cones e bastonetes** (P7, P8, P9, P12, P13 e P14). Quatro citaram a **córnea** (P7, P8, P9 e P13). Três citaram o **globo ocular** (P11, P12 e P14). Dois citaram cílios (P1 e P6). Um citou o **músculo ciliar** (P14). Um citou **humor vítreo** (P8). E um citou **pálpebra** (P13).

Observa-se que a partir dos dados as três partes do olho humano mais citadas pelos participantes foram: retina por 12 participantes, pupila por 10, o cristalino por nove participantes.

5.9 Categorias das explicações das funções das partes do olho humano citadas pelos participantes enquanto concepções prévias

No 11º item do questionário pré-atividade (APÊNDICE N), foi solicitado que os participantes explicassem as respectivas funções das partes do olho humano que foram citadas por eles no item anterior deste estudo.

As explicações dos participantes sobre as funções das partes citadas foram acomodadas em quatro categorias: **correta**, **parcialmente correta**, **incorreta** e **sem resposta**. Essas informações estão apresentadas na TAB. 9.

Tabela 9 - Explicações das funções das partes do olho humano

Explicações das funções das partes do olho humano	Número de explicações
Correta	39
Parcialmente correta	6
Incorreta	14
Sem resposta	2

Fonte: Miranda, 2021.

Dessa forma, foi possível identificar 39 explicações corretas, para as funções das partes do olho humano de um total de 61 citadas no 10º item do questionário pré-atividade. Como exemplo de explicação considerada correta destaca-se a do participante (P5), que descreveu a retina como sendo “*o local onde a imagem é formada*” (P5).

Nessa categorização, seis partes do olho humano citadas no item anterior deste questionário pré-atividade tiveram suas explicações consideradas como **parcialmente corretas**. A maioria delas estava com conceitos trocados entre as partes, como por exemplo, a do participante P12 que, ao explicar a função dos bastonetes descreveu as funções dos cones, as quais também são células presentes na retina. Sua explicação foi: “*Bastonetes são responsáveis pela identificação das cores e a intensificação destas*” (P12), ou seja, em sua descrição ele descreve os bastonetes como responsáveis pela identificação de cores, no entanto, essa função é atribuída aos cones. Cabe ressaltar, que ambas as células estão presentes na retina do olho humano e que são sensíveis à intensidade luminosa.

A categoria das explicações consideradas incorretas foi melhor representada pelo participante P3, que descreveu o cristalino como a parte do olho “*responsável pela convergência das imagens para que elas cheguem à retina*” (P3). Do ponto de vista Físico o cristalino funciona como uma ‘lupa’, ou seja, como uma lente convergente para os raios de luz e não para a imagem conforme descrito pelo participante.

Cabe ressaltar que outras duas partes do olho humano, citadas pelos participantes P6 (retina) e P8 (humor vítreo), não foram explicadas por eles, ou seja, os participantes P6 e P8 ambos não explicaram a função dessas partes do olho humano.

Com o objetivo de complementar a representação dos dados, outro procedimento de categorização foi adotado para os dados coletados no 11º item do questionário pré-atividade, relativo às explicações dos participantes sobre as funções das partes do olho humano, que consiste na verificação de quantas explicações sobre cada parte do olho humano foram dadas e destas quantas estavam corretas. Esses dados estão representados na TAB. 10.

Tabela 10 - Análise das partes descritas corretamente pelos participantes

Partes do Olho Humano	Quantidades de Explicações Fornecidas	Quantidade de Explicações Corretas
Retina	12	7
Pupila	10	8
Cristalino	9	5
Íris	6	3
Nervo Óptico	6	3
Cones e Bastonetes	6	3
Córnea	4	3
Globo ocular	3	3
Cílios	2	2
Músculo Ciliar	1	1
Humor Vítreo	1	0
Pálpebra	1	1

Fonte: Miranda, 2021.

Na TAB. 10, verifica-se que a retina, teve 12 explicações (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P9, P11, P12, P13 e P14) das quais sete estavam corretas (P2, P4, P5, P9, P11, P13 e P14). A explicação correta que melhor representa esse grupo foi a do participante P4 que descreveu que a retina é o *“local de formação da imagem”*.

A pupila obteve 10 explicações (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P13 e P14), sendo que oito estavam corretas (P1, P2, P3, P4, P7, P8, P13 e P14). A descrição que melhor representou um exemplo considerado como resposta correta foi a do participante P14, que relatou ser a pupila a parte do olho que *“regula a quantidade de luz que entra nos olhos”*.

Quanto à função do cristalino foi explicada por nove participantes (P1, P2, P3, P4, P5, P8, P10, P11 e P12) com cinco delas corretas (P2, P4, P5, P8 e P10), o participante que explicou da melhor forma a função do cristalino foi o P5 que descreveu: *“serve para convergir os raios luminosos para formar a imagem”*.

Por sua vez, a íris teve seis explicações (P1, P6, P8, P9, P10 e P14) e três explicações estavam corretas (P1, P6 e P14). A melhor explicação foi feita pelo participante P6 que relatou que a íris tem como função *“controlar a entrada da luz na pupila”*. Nesse sentido, vale ressaltar que pelos dados há certa confusão feita pelos participantes em relação à função da íris e da pupila, fato esse que possivelmente pode estar relacionado a estudos realizados por eles anteriormente, no Ensino Fundamental em Ciências ou em Biologia no Ensino Médio.

De maneira semelhante à íris, a parte nervo óptico teve seis explicações (P2, P4, P8, P9, P10 e P11), das quais três estavam corretas (P2, P8 e P10). A melhor explicação apresentada sobre a função do nervo óptico foi a do participante P8, que descreveu que a função do nervo óptico é *“enviar as informações ao cérebro”*. Além disso, as partes cones e bastonetes tiveram seis explicações (P7, P8, P9, P12, P13 e P14) e destas três estavam corretas (P8, P9 e P13). Sobre essa parte do olho, a melhor resposta foi fornecida pelo participante P8 que relatou ser a função dos cones e dos bastonetes é a de *“captar a luz em diferentes frequências”*.

A córnea teve quatro explicações (P7, P8, P9 e P13), sendo que três foram corretas (P7, P9 e P13). Sobre a função da córnea o participante P7 foi o que forneceu a explicação mais adequada ao relatar que a córnea é uma *“fina película que protege o olho”*. O globo ocular teve três explicações (P11, P12 e P14) e todas elas corretas.

Os cílios foram citados duas vezes (P1 e P6) e estavam corretas. Para o músculo ciliar houve apenas uma explicação e estava correta (P14). Com o humor vítreo, o participante (P8), não apresentou explicação. A pálpebra do olho humano teve uma única explicação (P13) e a explicação estava correta.

5.10 Observações durante a sequência didática

A sequência didática aplicada neste estudo foi composta por sete módulos, com duração de 50 minutos cada um. Foram desenvolvidas atividades, em etapas, interligadas entre si.

5.10.1 No primeiro e segundo módulos

Após a aplicação do questionário pré-atividade sobre as concepções prévias dos participantes, foi iniciada a sequência didática, conforme a metodologia proposta para esta pesquisa.

Inicialmente, o professor esperou todos os participantes se reunirem e então solicitou a eles que se organizassem em quatro grupos (10 minutos) e espontaneamente formaram dois grupos de três participantes e outros dois grupos com quatro participantes. Em seguida foi feito um sorteio (cinco minutos aproximadamente) para definir o objeto de conhecimento a ser trabalhado por cada grupo, ou seja, qual vício de refração cada grupo iria trabalhar. Foram utilizados dois vasos de plásticos opacos para realizar os sorteios. Em um dos vasos foram colocados os números de um a quatro, escritos em papezinhos e no outro de maneira semelhante os vícios de refração (miopia, hipermetropia, astigmatismo e presbiopia). Um participante de cada grupo sorteou seu respectivo número. O número sorteado, além de definir o número do grupo, serviu também para indicar a sequência para os sorteios dos vícios de refração do olho humano que estavam escritos em papezinhos em um segundo vaso, ou seja, o grupo que tirou o número um foi o primeiro a sortear o vício de refração a ser trabalhado. o grupo número dois

foi o segundo e assim por diante. Nesse momento, houve alguns participantes que não ficaram satisfeitos com o objeto de conhecimento sorteado. O professor deixou que eles resolvessem o impasse sozinhos, ao final não foi observado nenhuma troca do objeto de conhecimento e nem de integrantes dos grupos, essa situação foi resolvida por eles com muita tranquilidade sendo possível observar que não havia nenhum desconforto entre eles.

Após os sorteios, os grupos foram orientados pelo professor a buscarem informações a respeito sobre estes em fontes diversas. Observou-se que eles utilizaram preferencialmente a internet do celular, livros didáticos de Física e Biologia e revistas com menor frequência, encontrados na biblioteca da escola (gastaram aproximadamente 60 minutos). Durante esse momento o professor ficou passando entre os grupos, que estavam em locais diferentes da escola, verificando se estavam precisando de alguma informação, etc. Durante este momento não foi observado estudo por parte dos grupos em artigos científicos sobre o tema sorteado. Os apontamentos foram feitos nos próprios celulares, com uma breve discussão entre os membros de cada grupo. Depois de organizarem os registros das buscas realizadas, cada grupo elegeu um componente para socializar as informações encontradas (aproximadamente seis minutos por grupo).

5.10.2 No terceiro, quarto e quinto módulos

Para o processo de construção de modelos, utilizou-se três módulos. Nesta etapa o professor solicitou aos grupos a construção de modelos analógicos para os vícios de refração do olho humano, baseando-se nos estudos realizados por eles sobre nos módulos anteriores e que utilizassem materiais de baixo custo e de uso cotidiano, tais como: garrafa Pet, potes de plásticos, copos descartáveis, tampinhas, pilhas e outros. Estes materiais foram encontrados em vários locais da escola. Cabe relatar que os participantes tinham total liberdade em escolher os materiais a serem utilizados por eles na construção dos modelos, e que deveriam ser construídos de forma coletiva por todos os integrantes dos grupos (processo de modelagem). Quatro modelos, um de cada grupo, foram construídos durante essa etapa.

Durante esse momento de construção de modelos analógicos, o professor ao passar pelos grupos observou a cooperação entre os membros de cada grupo. Os materiais a serem utilizados (reciclável ou não) por eles foram procurados e buscados em vários lugares da escola, no laboratório, numa sala com vários trabalhos antigos de outras disciplinas, etc. Muito importante, rico e valioso foi assistir o debate entre os participantes de cada grupo durante a criação e construção do modelo analógico para o vício que haviam sorteado, ao dar significado aos materiais coletados para o trabalho. Um desses exemplos que foi registrado foi o do grupo que utilizou duas pilhas de tamanhos diferentes para representar objeto e imagem para um dos vícios de refração. Foi possível observar que os participantes foram criativos ao utilizarem materiais como canudinhos, barbantes, etc. Os canudinhos de plástico e barbantes, por exemplo, tornaram-se raios luminosos, etc.

5.10.3 No sexto e sétimo módulos

Após a construção dos modelos, procedeu-se à socialização dos modelos analógicos construídos pelos grupos, nesta etapa cada um apresentou o seu modelo construído aos demais estabelecendo as relações entre o modelo construído e a entidade modelada. Os grupos compartilharam também as dificuldades de representar certas partes do olho em função da pouca oferta de materiais disponíveis, o que os levaram a improvisar ao longo da atividade de construção dos modelos, fazendo junção de materiais com cola, durex, fita crepe, tintas, e outros até chegarem o mais próximo possível da parte do olho que seria modelada por eles. Nesse entendimento, relataram que algumas partes do olho, como por exemplo, o humor vítreo e aquoso, não conseguiram modelar devido à dificuldade de representar, por não conseguirem nenhum material melhor que o ar para essa representação. Esse fato foi configurado como uma limitação de todos os modelos apresentados. Houve algumas discussões a respeito do processo de construção em si, ou seja, era preciso ter a mesma forma ou muito semelhante para fazer a comparação entre a parte do olho e a entidade objetivada. Um ‘copo descartável’ poderia ser o ‘globo ocular’? Ou se a forma fosse mais parecida com a entidade a

ser modelada, possibilitaria uma melhor compreensão por parte dos outros que não participaram da construção? Após a discussão entre os participantes a respeito destes questionamentos, eles mesmos perceberam que não teria importância alguma, desde que o professor ao utilizar esses tipos de modelos construídos por eles, tivesse um maior cuidado em relacionar as partes do olho com as partes dos modelos construídos. Houve também uma discussão entre eles para saber qual vício de refração ficou mais bem representado e chegaram à conclusão de que todos atenderam ao propósito, mas teve participante que achou um modelo mais ‘bonito’ do que os outros.

Após as apresentações dos modelos foi solicitado que os participantes fizessem uma comparação entre uma máquina fotográfica analógica e o olho humano. Para essa comparação foram utilizados dois modelos planos encontrados na internet para propiciar as comparações entre eles, um do olho humano e outro de uma máquina fotográfica. Durante esta comparação entre os modelos planos, alguns participantes perceberam que não era possível associar algumas partes dos modelos. Esse fato foi associado a possíveis limitações dos modelos que foram utilizados. Outros participantes relataram que se houvesse um modelo plano do olho humano, com mais partes detalhadas talvez pudessem estabelecer um maior número de associações com as partes da máquina fotográfica.

5.11 Dados do questionário pós-atividade

O questionário pós-atividade, foi estruturado em três partes.

- a) na primeira parte, procurou identificar possíveis modificações no entendimento dos participantes sobre os vícios de refração da visão humana;
- b) na segunda parte, foi realizada uma sondagem de forma individual sobre a percepção dos participantes em relação aos estudos vivenciados por eles durante a modelagem (sequência didática);

- c) na terceira parte, procedeu-se uma autoavaliação de forma 'coletiva' a respeito da percepção de cada um sobre a metodologia desenvolvida na sequência didática.

O primeiro item da primeira parte do questionário pós-atividade (APÊNDICE O), teve como objetivo identificar se houve modificação no entendimento dos participantes sobre a compreensão dos vícios de refração estudados e trabalhados durante a sequência didática descrita na metodologia desta pesquisa. Nessa perspectiva foi solicitado que os participantes escolhessem um dos quatros modelos construídos. Eles poderiam escolher o próprio modelo construído pelo seu grupo ou um dos outros três modelos construídos pelos outros grupos. Essa escolha foi para responder a este item do questionário pós-atividade. Cabe ressaltar que cada participante escolheu de maneira individual um dos quatro modelos sobre os vícios de refração para o olho humano.

No segundo item da primeira parte do questionário pós-atividade (APÊNDICE P), foi solicitado que os participantes explicassem de forma individual os respectivos vícios de refração do olho humano representados pelo modelo escolhido por cada participante.

O modelo representativo para a miopia foi escolhido e explicado por quatro participantes (P6, P9, P10 e P12), todos eles explicaram corretamente esse vício de refração. No questionário pré-atividade no qual foi solicitado que os participantes explicassem os vícios de refração que tinham citado, foi observado que os estudantes (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10 e P14) explicaram esses vícios de refrativos do olho humano, porém os participantes (P1, P3, P7 e P8) explicaram de maneira parcialmente correta e P5 incorreta. Nenhum dos participantes que explicou de maneira parcialmente correta ou incorreta, escolheu o modelo analógico referente à miopia. Fazendo a interseção entre os participantes que citaram e explicaram miopia no questionário pré-atividade com os que escolheram e explicaram o modelo analógico referente a miopia, encontramos os participantes (P6, P9 e P10). Eles já haviam explicado de maneira correta no questionário pré-atividade, porém no questionário pós-atividade suas explicações foram mais completas. Como exemplo pode-se citar o participante P9 que descreveu no questionário pré-atividade que a miopia era *“causada pelo alongamento do globo ocular e a imagem é formada antes da retina, fazendo com que o indivíduo tenha*

problemas para enxergar nitidamente imagens de longe” e no questionário pós-atividade descreveu que a miopia era a “dificuldade de ver imagens dos objetos de longe nitidamente devido a formação do globo ocular que é mais alongado ou o cristalino ser muito convergente”. A descrição do participante P6 melhorou significativamente, no questionário pré-atividade relatou que a miopia “consiste em o indivíduo não enxergar perfeitamente coisas distantes” e no questionário pós-atividade “Ocorre devido a um cristalino de olho muito convergente, com isso, a luz refratada é formada antes da retina, fazendo com que não sejam formadas imagens distantes nítidas”. De acordo com a percepção deste pesquisador, foi possível observar que todos os três participantes melhoraram seus entendimentos em algum aspecto sobre a miopia, inclusive o participante P10 que já havia fornecido uma explicação muito completa conseguiu torná-la ainda melhor, ou seja, no questionário pré-atividade ele tinha descrito que a miopia “ocorre devido o alongamento do globo ocular ou ao cristalino muito convergente. Portanto, a correção poderá ser feita por meio de lentes divergentes” e no pós-atividade descreveu que a miopia é “Causada pelo alongamento do globo ocular ou ao cristalino muito convergente, logo a imagem é formada antes da retina. Por isso, é necessário corrigir o problema com lente divergente”.

No questionário pós-atividade o modelo que representava o vício de refração presbiopia foi escolhido por cinco participantes (P2, P3, P4, P7 e P11) e todos eles explicaram corretamente este vício. No questionário pré-atividade um participante (P11) citou e explicou corretamente a presbiopia. Estabelecendo uma comparação entre as explicações feitas pelos participantes sobre a presbiopia em ambos os questionários foi possível observar que não houve nenhuma explicação incorreta. O participante P11 fez a explicação em ambos os questionários esse vício no pré-atividade ele descreveu que a presbiopia “Trata-se de uma falha na visão causada pelo endurecimento do cristalino que com a idade, ocorre no olho humano. Essa dificulta a formação de imagem de perto. Ela é corrigida por lentes convergentes, convexas” e no pós-atividade descreveu que a presbiopia é “causada pelo endurecimento do cristalino e da dificuldade de contração dos músculos ópticos. Tal defeito pode ser solucionado por meio de lentes convergentes. A ‘vista cansada’ impede que a pessoa que possui essa ametropia não tenha a facilidade de enxergar objetos próximos, forçando a visão para isso”.

O entendimento que se tem é que houve uma melhor compreensão desse vício de refração do olho humano para este participante (P11) e, também, para os que explicaram a presbiopia no questionário pós-atividade, pelo fato de todos eles terem feito explicações corretas. A Explicação do participante P4 pode ser considerada como melhor explicação entre os participantes (P2, P3 e P7), ele descreveu que a presbiopia é *“causada pela redução da capacidade de contração do músculo ciliar (responsável por regular a espessura do cristalino), associada ao enrijecimento (esclerose) do cristalino que ocorre ao longo dos anos. Isso faz com que a imagem se forme atrás da retina e, assim, fica mais difícil ver objetos de perto. Correção: lente convexa ou convergente”*.

O modelo analógico para o vício de refração astigmatismo foi escolhido por três participantes (P1, P8 e P13) e os participantes (P8 e P13) explicaram corretamente este vício o (P1) descreveu de forma parcialmente correta. No questionário pré-atividade um participante (P13) havia citado e explicado corretamente o astigmatismo. Ele descreveu no pré-atividade que a astigmatismo *“ocorre quando a córnea apresenta irregularidades, fazendo com que a córnea reflita para vários pontos da retina a luz”* e no pós-atividade descreveu que a astigmatismo *“pode ser causada pela curvatura acentuada da retina ou pela pouca diferença dos índices de refração da retina e do cristalino ou pelo desalinhamento da retina com o globo ocular, causando diversos focos de luz, formando múltiplas imagens, embaçando a visão, tanto perto quando longe”*. Entende-se que a descrição feita por ele pós-atividade está mais completa e a partir dessa descrição podendo-se inferir que houve um melhor entendimento desse vício de refração dele (P13).

O modelo para o vício de refração hipermetropia foi escolhido por dois participantes (P5 e P14) e ambos explicaram corretamente este vício de refração. O participante (P5) descreveu que a hipermetropia é *“caracterizada pela formação da imagem depois da retina, sendo causado pelo formato do olho ser mais achatado ou por hereditariedade”* (P5). No questionário pré-atividade o participante (P12) havia citado e explicado corretamente o hipermetropia. Ele descreveu que a hipermetropia é um *“Defeito na visão ocorrido a partir do globo ocular achatado, assim a formação da imagem ocorre após a retina e para a correção é necessário o uso de lentes convergentes”* (P12), e no questionário pós-atividade ele escolheu o vício de refração miopia e a descreveu como sendo uma *“ametropia, na qual o cristalino é muito convergente e/ou o globo ocular é alongado. Desse modo, a imagem é*

formada antes da retina. Sendo assim, para a correção da miopia é necessária a utilização de lente divergente” (P12). Conclui-se que a descrição feita por ele está bem completa.

De forma complementar no primeiro item da segunda parte deste questionário pós-atividade (APÊNDICE P), foi solicitado aos participantes que citassem as partes constituintes do olho humano e que foram modeladas pelos grupos. Com base nos dados, foi possível identificar as partes citadas por cada participante bem como a quantidade de partes citadas por cada um deles.

De posse dos dados relativos a esse item do questionário pós-atividade, foi possível construir o QUAD. 4. Na primeira coluna do Quadro, descreve-se, por exemplo, P1 – 8, referindo-se ao participante número um e oito citações das partes descritas por ele.

Quadro 4 - Partes do Olho Humano citadas Pós-atividade

Participantes	Item 01: Cite quais partes são constituídos do olho humano
P 1 – 8	Cílios – Córnea – Cristalino – Humor aquoso – Íris – Nervo óptico – Pupila – Retina
P 2 – 6	Córnea – Pupila – Íris – Cristalino – Nervo óptico – Músculo ciliar
P 3 – 6	Córnea – Cristalino – Íris – Nervo óptico – Pupila – Retina
P 4 – 5	Córnea – Cristalino – Nervo óptico – Pupila – Retina
P 5 – 5	Córnea – Cristalino – Íris – Pupila – Retina
P 6 – 7	Cílios – Córnea – Cristalinos – Íris – Nervo óptico – Pupila – Retina
P 7 – 7	Bastões e bastonetes – Córnea – Cristalino – Humor óptico – Íris – Pupila – Retina
P 8 – 9	Cones e bastonetes – Córnea – Cristalino – Humor líquido – Íris – Músculo ciliar – Nervo óptico – Pupila – Retina
P 9 – 5	Cristalino – Íris – Nervo óptico – Pupila – Retina
P 10 – 7	Bastonetes e Cones – Córnea – Globo ocular – Íris – Nervo óptico – Pupila – Retina
P 11 – 7	Córnea – Cristalino – Globo ocular – Íris – Nervo óptico – Pupila – Retina
P 12 – 6	Córnea – Cristalino – Íris – Nervo óptico – Pupila – Retina
P 13 – 4	Cones e bastonetes – Íris – Pupila – Retina
P 14 – 7	Córnea – Cristalino – Íris – Músculo ciliar – Nervo óptico – Pupila – Retina

Fonte: Miranda, 2021.

A partir dos dados representados no QUAD. 4 com os dados da QUAD. 2, foi possível construir a TAB. 11, no qual estabelece uma comparação entre a quantidade de partes citados por cada participante nos questionários pré e pós-atividade.

Tabela 11 - Comparação entre as partes do Olho Humano citadas

Participantes	Quantidade de partes citadas no pré-atividade	Quantidade de partes citadas no pós-atividade
P1	5	8
P2	4	6
P3	3	6
P4	4	5
P5	3	5
P6	4	7
P7	4	7
P8	7	9
P9	5	5
P10	3	7
P11	4	7
P12	4	6
P13	5	4
P14	6	7
TOTAL	61	89

Fonte: Miranda, 2021.

Com base nos dados da TAB. 11 é possível perceber que houve uma maior quantidade de partes citadas por quase todos os participantes, com exceção dos participantes (P9) e (P13). O participante (P9) citou no questionário pós-atividade a mesma quantidade que havia citado no questionário pré-atividade, ou seja, cinco partes do olho humano. O participante (P13) havia citado no questionário pré-atividade cinco partes do olho humano e após a vivência da sequência didática citou apenas quatro. Acredita-se que esse fato pode estar relacionado à falta de tempo reclamada por diversos colaboradores da investigação.

No QUAD. pode-se observar a parte do olho humano, o número de vezes que ela foi citada e os respectivos participantes que a citaram. O participante (P8) citou nove partes do olho humano. O participante (P1) citou oito partes. Outros cinco participantes (P6, P7, P10, P11 e P14) descreveram sete partes. Com seis citações foram os três participantes (P2, P3 e P12). Os três participantes (P4, P5 e P9) citaram cinco partes e o participante (P13) citou quatro partes do olho humano.

Quadro 5 - Frequência das partes do olho citadas

Parte do Olho Humano	Quantidade de participantes
Pupila	14 - (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13 e P14)
Retina	13 - (P1, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13 e P14)
Íris	13 - (P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13 e P14)
Córnea	12 - (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P10, P11, P12 e P14)
Cristalino	12- (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P11, P12 e P14)
Nervo Óptico	11 - (P1, P2, P3, P4, P6, P8, P9, P10, P11, P12 e P13)
Cones e Bastonetes	4 - (P7, P8, P10 e P13)
Músculo Ciliar	3 - (P2, P8 e E14)
Humor Vítreo/aquoso	3 -(P1, P7 e P8)
Cílios	2 - (P1 e P2)
Globo ocular	2 - (P10 e P11)
Pálpebra	0

Fonte: Miranda, 2021.

Com o intuito de fazer uma melhor organização dos dados desse estudo e visando garantir uma melhor visualização, foi feita a exposição dos mesmos levando em conta a quantidade de partes do olho humano citadas por cada participante. Assim, percebe-se que nesse item, obteve-se ao todo 89 partes citadas por eles, as quais englobavam diversas partes do olho humano. Constatou-se que 14 participantes citaram a pupila; 13 participantes a retina; a íris foi citada por 13 participantes; 12 participantes a córnea; 12 participantes citaram o cristalino; 11 participantes citaram o nervo óptico; quatro citaram cones e bastonetes; três participantes citaram músculo ciliar; e outros três participantes citaram humor vítreo/aquoso; os cílios foram citados por dois; outros dois participantes citaram o “globo ocular”.

Alguns participantes cometeram erros na grafia ao descrever alguns termos como, por exemplo, os participantes (P7 e P8), que escreveram ‘humor aquoso e/ou vítreo’ de maneira incorreta, sua descrição foi “húmus óptico” (P7) e “humor líquido” (P8). O P8 descreveu o “músculo ciliar” como sendo o “músculo responsável pela movimentação do olho”. É possível deduzir que, provavelmente, ele deveria estar se referindo ao ‘músculo ciliar’, tendo em vista que não foi feito nenhum estudo a

respeito do conjunto de músculos ligados ao movimento do globo ocular por não ser objeto de interesse para este estudo. O foco neste estudo era sobre os vícios de refração da visão humana.

O segundo item da segunda parte do questionário pós-atividade (APÊNDICE Q), solicitou aos participantes que explicassem as respectivas funções das partes do olho humano, que haviam sido citadas no item anterior desta investigação.

Com base nos dados obtidos foi possível construir uma tabela para representar a quantidade de explicações para cada parte do olho bem como a quantidade de explicações corretas dadas pelos participantes. Esses dados estão representados na TAB. 12.

Tabela 12 - Partes explicadas pelos participantes

Partes do olho humano	Total de explicações	Explicações corretas
Pupila	14	11
Retina	13	11
Íris	13	7
Cristalino	12	10
Córnea	11	8
Nervo óptico	11	6
Cones e bastonetes	4	2
Humor Aquoso	3	2
Músculo ciliar	3	1
Cílios	2	2
Globo Ocular	2	0

Fonte: Miranda, 2021.

A partir dos dados foi possível observar que a maioria dos participantes citaram mais partes do olho humano pós-atividade em comparação com as partes citadas no questionário pré-atividade. Além disso, foi possível observar que as quantidades de explicações corretas aumentaram.

No terceiro item do questionário pós-atividade (APÊNDICE R), fundamentada na construção de modelos analógicos acerca dos vícios de refração

da visão humana, foi questionado aos participantes se eles já haviam vivenciado uma metodologia de ensino e aprendizagem com o uso de modelos analógicos.

A partir dos dados coletados foi possível criar a TAB. 13 para melhor representar estes dados.

Tabela 13 - Vivência de uma Metodologia de Ensino e Aprendizagem com o uso de Modelos

Vivência em aprendizagem baseada em modelos	Quantidade de participantes
Sim	9
Não	5

Fonte: Miranda, 2021.

Observou-se que nove dos 14 participantes responderam que já tiveram a oportunidade de aprendizagem a partir da construção de modelos. Enquanto os outros cinco participantes, mais especificamente, não tinham vivenciado esse tipo de metodologia.

Com base nos dados (APÊNDICE R), foi possível observar que alguns participantes que já haviam vivenciado um processo de ensino e de aprendizagem baseados em modelos foram a partir de aulas de ensino de ciências. Um exemplo dessa observação foi o do participante P4 que relatou que *“Sim, pois já havíamos feito uma atividade na aula de física e montei um modelo de ondas mecânicas”* (P4). Além disso, dentre os nove participantes, que responderam sim ao questionamento, nota-se, que quatro deles já haviam vivenciado uma metodologia parecida em outras áreas do conhecimento, como por exemplo na matemática. Um exemplo desse fato foi o relato do participante P6 que afirmou ter participado de processos parecidos durante aulas de física como a construção de circuitos elétricos.

No quarto item deste questionário pós-atividade (APÊNDICE S), foi indagado aos participantes como eles avaliavam os modelos didáticos construídos pelos grupos no processo de modelagem dos vícios de refração da visão humana. A partir dos dados foi possível observar que de maneira geral os participantes consideram o procedimento metodológico aplicado neste estudo como importantes e fundamentais para a construção de conhecimentos. Um exemplo dessa importância foi descrito pelo participante (P5) que relatou que achava *“muito válidos, uma vez que nós interagimos com a matéria, permitindo que haja um maior aprendizado e ajudando na fixação do conteúdo”* (P5). Nesse sentido, outros participantes também relataram

que o uso dos modelos analógicos é importante. O participante (P3) descreveu que são *“ótimos e super representativos, possibilitando o entendimento das diversas ametropias”* (P3); por sua vez o participante (P4) relatou que os modelos analógicos são *“muito coerente com o que aprendemos nas aulas teóricas”* (P4); o participante (P2) afirmou que os modelos *“foram muito bem desenvolvidos e que apresentavam grande parte das estruturas do olho humano”* (P2); o (P6) relatou que os modelos analógicos são *“extremamente favoráveis ao aprendizado”* (P6); para o participante (P7) os modelos analógicos *“desenvolveu a criatividade e incentiva o aprendizado para entender as configurações do olho humano, de forma prática”* (P7); o participante (P5) descreveu que os modelos são *“muito válidos, uma vez que nós interagimos com a matéria, permitindo que haja um maior aprendizado e ajudando na fixação do conteúdo”*; o participante (P11) relatou que é uma *“ótima forma de aprendizado, além de incríveis resultados”*; para o participante (P13), o processo de construção de modelos analógicos *“foi muito produtivo, pois pensamos em cada parte constituinte do olho e como a ametropia o afeta”* (P13); estes foram alguns exemplos das justificativas dadas pelos sujeitos desta pesquisa. A partir dos relatos dos participantes pode-se entender que eles aprovaram a vivência do uso de modelos analógicos nos processos de ensino e de aprendizagem de maneira especial, para os vícios refrativos da visão humana (ametropias).

No quinto item do questionário pós-atividade (APÊNDICE T), na segunda parte, perguntou-se aos participantes deste estudo como eles avaliavam a analogia estabelecida entre o olho humano e a máquina fotográfica analógica. De acordo com os dados obtidos foi possível observar a partir dos relatos dos participantes que descreveram como sendo importantes esse tipo de comparações entre algo que se conhece com algo que deseja conhecer. Dos 14 participantes 13 classificaram o uso de analogia como eficiente para o ensino das partes do olho humano. Como exemplos o participante (P2) que afirmou que a comparação entre o olho humano e a máquina fotográfica analógica foi *“bem feita, desenvolvendo a percepção de estruturas semelhantes”* (P2); para o participante (P1) essa comparação analógica foi *“legal para ver como as coisas estão ligadas e facilita o aprendizado”* (P1); por sua vez o participante (P7) relatou que esse tipo de comparação *“auxilia para entender o funcionamento do olho através de um objeto do dia-a-dia”* (P7); no entendimento do participante (P6) esse tipo de comparação *“estabelece mais sentido e base no aprendizado”* (P6); para o participante (P11) a analogia feita é de

“extrema importância, já que permite-nos perceber exemplos reais do funcionamento do olho” (P11). Cabe ressaltar que houve um participante que não achou pertinente o uso da comparação analógica entre o olho humano e a máquina fotográfica para um melhor entendimento dos objetos de conhecimentos trabalhados. O participante P5 descreveu que *“não achava muito eficaz o uso dessa analogia no processo de aprendizagem”* (P5).

A terceira parte do questionário, pós-atividade, teve como objetivo verificar de maneira coletiva, quais foram as percepções dos participantes a partir da vivência dos trabalhos realizados durante a implementação da sequência didática para o ensino mediado por modelos analógicos. Cabe ressaltar que as discussões foram realizadas pelos grupos, porém os registros deveriam ser realizados individualmente por cada participante. Essa etapa foi dividida em dois itens.

No primeiro item da terceira parte do questionário pós-atividade (APÊNDICE U), solicitou-se aos participantes que elencassem pontos positivos e negativos, e que justificassem de maneira sucinta os aspectos que foram percebidos e discutidos por eles, durante as atividades propostas na sequência didática desse estudo, acerca do processo de construção de modelos analógicos.

Dentre os pontos positivos pode-se destacar a descrição de alguns participantes como, por exemplo. O participante (P1) relatou que *“o uso de modelos analógicos foi essencial para facilitar a compreensão”* (P1); por sua vez o participante P4 entende que o *“modelo analógico foi importante para a cooperação de todos os participantes, os quais se ajudaram e pensaram juntos”*; o participante (P5) relatou que *“houve maior discussão do conteúdo, fazendo com que o conteúdo fosse fixado de uma forma mais efetiva”* (P5); no entendimento do participante (P12) o ensino mediado por construção de modelos analógicos seria a forma *“mais dinâmica para aprender com maior interação com o conteúdo estudado”* (P12).

A partir dos dados coletados nesse estudo acerca dos pontos negativos, foi possível observar que boa parte dos participantes acredita ter faltado tempo hábil para realizar melhor a construção dos modelos analógicos, além disso, foram pontuados falta de recursos materiais como ponto negativo para a construção da modelagem. Um bom exemplo para esse relato foi o do participante (P12) que descreveu sucintamente que *“faltou tempo”* (P12). O participante (P14) relatou como ponto negativo a falta de uma maior quantidade de materiais disponíveis para a construção dos modelos. Ele descreveu que houve *“limitação de materiais”* (P14).

No segundo item da terceira parte do questionário pós-atividade (APÊNDICE V), sobre o processo de construção de modelos analógicos, indagou-se aos participantes quais contribuições eles poderiam mencionar para que a sequência didática desenvolvida pudesse ser mais efetiva para o ensino e aprendizagem dos vícios de refração da visão humana, na física. A partir dos dados verificou-se que três participantes (P2, P12 e P13), mencionaram que gostariam que a modelagem fosse mais *frequente nas salas de aulas e em outros conteúdos*. Outros três participantes (P6, P9 e P14), observaram que seria interessante ter mais materiais à disposição para que isso não seja um empecilho na modelagem, como por exemplo, na construção *“de detalhes importantes no modelo”*. Por sua vez, cinco participantes (P2, P4, P5, P7 e P10) afirmaram que o uso dessa metodologia aplicada na atividade prática promoveu *“melhor percepção e compreensão da matéria dada, o que tornou mais entendível o conteúdo”*, e, além disso, *“auxiliou de forma ativa a construção do conhecimento acerca dos vícios de refração do olho humano”*.

O pesquisador entende que poderia disponibilizar aos participantes vários tipos de materiais para tornar o tempo de construção mais proveitoso, ou seja, nesse sentido os participantes não perderiam tempo procurando materiais diversos para a construção dos modelos, empregando o tempo disponibilizado de maneira integral para a construção efetiva dos modelos, porém esse procedimento didático leva em consideração a criatividade dos participantes para a elaboração dos modelos.

Com relação à descrição do participante (P6) que relatou que deveria “haver as peças já prontas para o grupo construir o modelo, para que este fique mais próximo do real e não falte detalhes importantes” (P6). Salienta-se que, o pesquisador entendeu que esse procedimento poderia contribuir de maneira negativa para o processo de construção de conhecimento pelo próprio estudante, tendo em vista que essa atitude limitaria a criatividade dos participantes, principalmente por ficar entendido que esse seria um dos obstáculos epistemológicos proposto por Bachelard (1996), no caso o realismo. O Participante deveria ter compreendido que um modelo não representa o real.

A partir dos dados, pode-se inferir que houve construção de conhecimento e quando os estudantes são convidados a participarem de metodologias como essa desenvolvida nesta pesquisa fica até difícil de mencionar os ganhos reais tendo em vista que não se mede em escala o conhecimento ou a quantidade de conhecimento apropriado pelos estudantes. Contudo, nesse processo foi possível perceber o

envolvimento dos participantes. O relato deles comparativamente ao estudo que tinha sido realizado em sala de aula sobre os vícios de refração do olho humano, anteriormente no ensino fundamental e no ensino da Biologia no Ensino Médio de uma forma “tradicional” é que tinha sido insuficiente, sobretudo no processo atual (sequência didática) fica mais prazeroso e produtivo para professores e estudantes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se que por meio do aporte teórico e da metodologia aplicada neste estudo, que, foi possível responder o problema de pesquisa: de que forma os processos de ensino e de aprendizagem mediados por modelos analógicos fundamentados em analogias favorecem a construção de conhecimentos por estudantes do Ensino Médio, em particular, no conteúdo de Óptica Geométrica da Física?

Dessa forma, considera-se válido retomar as questões primárias que nortearam nossa investigação a fim de respondê-las e fazer as nossas últimas considerações sobre os dados da análise.

Como primeira questão de pesquisa, que este pesquisador se propôs a responder foi: De qual forma os processos criativos e de lógica, presentes na construção de modelos analógicos, operam como processo fundamental no ensino e na aprendizagem de Física?

Os dados da pesquisa evidenciaram que durante o processo de criação, os próprios questionamentos acerca da caracterização do modelo em construção, tais como materiais a serem utilizados para representar partes específicas do olho humano, serviram de apoio para orientar de forma reflexiva os participantes sobre os aspectos importantes da modelagem do conceito científico em questão, e que nesse sentido esses questionamentos chamam a atenção deles para as evidências dos detalhes imprescindíveis da entidade modelada por eles, que devem ser observados durante a construção do modelo analógico. Os questionamentos durante esse processo são entendidos como veículos fundamentais para propiciar a construção de conhecimentos científicos e fundamentar as explicações e justificativas das ideias em desenvolvimento. Nesse sentido o processo metacognitivo desenvolvido durante a desenvolvimento desta pesquisa possibilitou uma melhor compreensão dos vícios refrativos do olho humano (ametropias) e também das funções das partes do olho humano.

A segunda questão de pesquisa era: Como compreender de maneira geral, como as atividades de construção de modelos analógicos atuam nos processos de ensino e de aprendizagem de Ciências? A partir da aplicação da metodologia proposta para esse estudo e análises dos dados obtidos, foi possível observar que

os participantes desta investigação, avaliaram de forma geral como sendo ‘positivo’ o processo de ensino vivenciado por eles, fundamentados na criação e construção de modelos analógicos (modelagem) com materiais de baixo custo de uso cotidiano. Eles julgaram que, a partir da sequência didática implementada, foi possível se envolver mais com o objeto de conhecimento (vícios de refração do olho humano), de uma forma mais próxima, direta e agradável, pois houve compartilhamento de ideias entre eles e entre os grupos, foi possível a reestruturação de pensamentos e correção de concepções prévias de senso comum.

É possível aferir que esse tipo de atividade leva em consideração a participação efetiva dos estudantes, pois possibilita a socialização entre eles e o compartilhamento de informações. Além de permitir aos entrevistados a construção de seus próprios conhecimentos, faz com que o ambiente se torne mais propício a uma aprendizagem, ou seja, na interação entre eles e com os objetos de conhecimentos é que eles têm a oportunidades de estruturar e reestruturar seus conhecimentos, tendo como ponto de partida seus conhecimentos prévios conforme proposto na Teoria da Aprendizagem Significativa. Cabe ressaltar que a BNCC estimula aulas experimentais para o ensino básico; sendo esta mais uma razão para o desenvolvimento de tais modalidades de práticas pedagógicas.

Na terceira questão de pesquisa foi perguntado: Como ocorre a apropriação de conhecimentos por meio de modelos analógicos desenvolvidos a partir de conceitos científicos, no caso específico, o ensino de ametropias refrativas do olho humano? Durante vários momentos de desenvolvimento dessa investigação foi possível observar que os participantes, ao manusearem o próprio modelo construído, os alunos foram identificando os fatores científicos pertinentes aos vícios de refração, representados nos modelos, bem como, as limitações dessas entidades modeladas. Essa proximidade com o objeto de conhecimento representado pelo modelo analógico permitiu a eles, uma reflexão ‘metacognitiva’ capaz de possibilitar a apropriação do conhecimento científico e a criação de um modelo mental próximo do real.

A respeito das limitações da metodologia aplicada, entende-se que apesar da seriedade, firmeza e determinação que foram utilizadas durante as etapas de desenvolvimento da modelagem analógica desta investigação, entende-se que o estudo apresenta algumas limitações.

Reconhece-se uma limitação relacionada ao dimensionamento do tempo destinado ao processo de modelagem, conforme relato dos participantes, entende-se que a escolha e seleção dos materiais possam ser feita separadamente do processo de construção efetiva dos modelos, para não comprometer esse processo construtivo.

Outra limitação observada neste estudo foi o fato de ter sido feito uso apenas de questionários na forma impressa. No entendimento deste pesquisador, pós-procedimentos metodológicos, deveria também ter feito uso de questionários digitais, de acordo com a preferência dos participantes. Este procedimento poderia ter tornado esse instrumento de coleta de dados mais adequado aos padrões atuais e facilitaria a devolução destes questionários por parte dos participantes, para a tabulação dos dados, bem como favoreceria a análise dos dados. Além de possibilitar ao participante enviar os questionários respondidos com maior comodidade.

Entende-se que, provavelmente, em trabalhos futuros, esses módulos de 50 minutos possam ser modificados, para possibilitar aos participantes a construção dos modelos de forma mais tranquila, possibilitando a eles um tempo adequado para pensarem em modelar algumas partes do olho humano de difícil representação e compreensão. Isso permitiria a construção de um modelo analógico mais rico em detalhes das partes do olho humano e, portanto, mais próximo do real.

Outra possível limitação do trabalho pode ter sido, a não análise do fato dos participantes, possuírem ou não, subsunçores relativos ao objeto de conhecimento pesquisado. A sugestão que se faz é que em trabalhos futuros deva-se incluir esta etapa na sequência didática.

A educação deve valorizar o conhecimento prévio dos estudantes e tê-lo como ponto de partida para uma nova aprendizagem no sentido de propiciar ao sujeito que aprende a possibilidade de construir novos conhecimentos. A escola não pode ignorar ou até mesmo descartar o que o aprendiz já sabe. Dessa forma, esse procedimento de identificar e considerar os conhecimentos prévios dos estudantes, corroboraram com as ideias propostas por Ausubel (1982), quando descreve que “o fator isolado mais importante que influencia o aprendizado é aquilo que o aprendiz já conhece”.

Foi possível, neste estudo, compreender o pensamento de Bachelard (1996, p. 48), que afirma ser necessário lutar sempre contra as analogias, tendo em vista

essa dificuldade do estudante em abandonar certas analogias, pois este pode virar vítima dessas analogias. O estudante somente terá aprendido quando for capaz de retirar o embasamento das analogias e se apropriar efetivamente do conhecimento.

A respeito das contribuições para o Ensino de Ciências, acredita-se que este estudo permite uma reflexão sobre o uso e importância dos modelos analógicos, tanto por professores de Ciências quanto por responsáveis pelos cursos de formação de professores dessa área de conhecimento. A partir dessa reflexão, acredita-se ser possível ampliar as considerações teóricas e orientações pedagógicas norteadoras do trabalho de concepção e elaboração de propostas metodológicas com a participação efetiva dos estudantes. Cabe enfatizar que a utilização dos modelos analógicos no ensino de Ciências, pode contribuir para uma maior sistematização dos conhecimentos científicos de maneira mais cuidadosa e reflexiva, evitando assim, a utilização de maneiras indiscriminadas, sem o devido cuidado às vezes encontradas em livros didáticos.

Diante do exposto e analisado, pode-se perceber que a metodologia aplicada passa por uma discussão da necessidade da utilização de modelos analógicos nos ambientes escolares. Fato esse que deve retirar o docente do centro das aulas e colocar o estudante como protagonista da construção de seu conhecimento. Nesse sentido o professor passa a ser um mediador, um 'designer' do conhecimento, propiciando uma aprendizagem de forma humanizada, cooperativa, levando em consideração as necessidades de cada estudante.

Portanto, conforme sinalizou Ausubel (1982), na Teoria da Aprendizagem Significativa, os conhecimentos prévios possibilitaram aos estudantes a construção de modelos distintos. Isto ficou evidente pela significância (dos símbolos) dada pelos estudantes aos materiais selecionados. Por exemplo, um dos modelos apresentados fez uso de duas pilhas de tamanhos diferentes. Todos os estudantes tiveram acesso às pilhas, mas apenas um grupo conseguiu perceber, a partir dos conhecimentos prévios, que a pilha maior poderia servir de objeto e que a pilha menor poderia servir de imagem.

Do mesmo modo, conforme proposto por Bachelard (1996) é possível inferir que questões pedagógicas associadas a vários tipos de obstáculos epistemológicos, tais como obstáculo verbal, o animismo, conhecimentos de senso comum, e outros, inviabilizam a construção de conhecimento pelo sujeito. Entretanto, uma proposta

pedagógica fundamentada na metodologia utilizada neste trabalho, pode favorecer o estudante na compreensão de conhecimentos científicos.

Vários autores citados na pesquisa sinalizam, de forma positiva, que os modelos analógicos podem favorecer os estudantes na construção de conhecimento. Entretanto, há poucos trabalhos como este, na literatura, que conta com a participação efetiva dos estudantes nos processos de criação e construção de modelos analógicos.

Diante dos dados obtidos nesta investigação, infere-se a necessidade de os professores estarem buscando alternativas, seja pelo uso de modelos analógicos ou não, para tornar o ensino mais significativo e humanizado. Além disso, essa pesquisa não pode ser vista como um guia a ser seguido sem adequações por outros docentes, visto que, cada professor deve avaliar o ambiente de aprendizagem e o grupo de trabalho com o intuito de potencializar a apropriação do conhecimento. Assim, as pessoas relacionadas nos processos de ensino e de aprendizagem irão compartilhar de um modo mais agradável e menos mecanizado o ensino de Ciências.

Por fim, recorda-se que a pesquisa tinha como objetivo primordial responder ao seguinte questionamento: De que forma os processos de ensino e de aprendizagem mediados por modelos fundamentados em analogias favorecem a construção de conhecimentos por estudantes do Ensino Médio, em particular, no conteúdo de Óptica Geométrica da Física? Nessa perspectiva, observa-se que tais modelos têm sido utilizados basicamente, pelos professores, fundamentados, principalmente nos livros didáticos ou em modelos já construídos. Portanto, verifica-se que a pesquisa demonstra que é possível trabalhar objetos de conhecimento de Ciências, por meio de construção de modelos analógicos, com materiais de baixo custo, de uma maneira harmônica e humanizada, que conte com a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento, tendo em vista os dados apresentados neste estudo no qual entendemos que a construção dos modelos analógicos para os vícios de refração do olho humano favoreceu positivamente a construção de conhecimentos pelos estudantes.

Além disso, foi possível observar que os processos criativos e de lógica, presentes na modelagem, operam positivamente como dispositivos indispensáveis nos processos de ensino e de aprendizagem em Ciências e também que a atividade

de construção permite ao estudante maior proximidade com a entidade científica estudada.

REFERÊNCIAS

ABBAGNANO, Nicola. **Dicionário de filosofia**. 5. ed. rev. e ampl. São Paulo: Martins Fontes, 2007. 1210 p.

ANDRADE, G. M. de P. C.; MOZZER, N. B.; OLIVEIRA, T. M. A. O papel dos questionamentos do professor em atividades fundamentadas em modelagem analógica. **Enseñanza de las Ciencias**, [S.l.], v. Extra, p. 4535-4540, 2017.

ASSIS, André Koch Torres. **Óptica**: Isaac Newton. São Paulo: Edusp, 1996.

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa**. São Paulo: Moraes, 1982.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: construção para uma psicanálise do conhecimento. Tradução: Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARAB, Sasha A. *et al.* Projeto de sistema solar virtual: construindo o entendimento por meio da construção de modelos. **Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching**, [S.l.], v. 37, n. 7, p. 719-756, 2000.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Tradução: L. A. Reto; A. Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.

BATISTA, I. de L.; SALVI, Rosana Figueiredo; LUCAS, Lucken Bueno. Modelos científicos e suas relações com a epistemologia da ciência e a educação científica. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. **Atas [...]**. Campinas: do ENPEC, 2011.

BETTIOL, Natasha. **Instrumentos ópticos**: metodologia de ensino através de eixos temáticos. Niterói, 2012. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Universidade Federal Fluminense. Instituto de Física, 2012.

BRANDÃO, Carlos Rodrigues. **O que é educação**. 28. ed. São Paulo: Brasiliense, 1993. 116 p. (Coleção Primeiros passos, 20).

CAMPBELL, L.; CAMPBELL, B.; DICKINSON, D. **Ensino e aprendizagem por meio das inteligências múltiplas**. 2. ed. Tradução: Magda França Lopes. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

CLEMENT, J. Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. **Journal of Research in science Teaching**, [S.l.], v. 30, n. 10, p. 1241-1257, 1993.

CLEMENT, John. **Creative model construction in scientists and students**: the role of imagery, analogy, and mental simulation. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2008.

CLEMENT, John. Learning via model construction and criticism. *In: Handbook of creativity*. Boston: Springer, 1989. p. 341-381.

COLICCHIA, G.; WIESNER, H.; WALTNER, C. A model of the human eye. **The Physics Teacher**, [S.I.], v. 46, n. 9, p. 528-531, 2008.

COLL, R. K.; TREAGUST, D. F. Investigation of secondary school, undergraduate, and graduate learners' mental models of ionic bonding. **Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching**, [S.I.], v. 40, n. (5), p. 464-486, 2003.

COLL, Richard K. The role of models, mental models and analogies in chemistry teaching. *In: AUBUSSON, Peter J., HARRISON, Allan G., RITCHIE, Stephen (ed.). Metaphor and analogy in science education*. Dordrecht: Springer, 2006. p. 65-77.

COLL, Richard K.; FRANCE, Bev; TAYLOR, Ian. The role of models/and analogies in science education: implications from research. **International Journal of Science Education**, [S.I.], v. 27, n. 2, p. 183-198, 2005.

COLL, Richard K.; LAJIUM, Denis. Modeling and the future of science learning. *In: KHINE, Myint Swe; SALEH, Issa M. Models and modeling*. Dordrecht: Springer, 2011. p. 3-21.

CUPANI, Alberto Osmar; PIETROCOLA, Maurício. A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S.I.], v. 19, p. 100-125, 2002.

DAVIS, Robert H.; ALEXANDER, Lawrence T.; YELON, Stephen L. **Sistema de aprendizagem: uma abordagem ao desenvolvimento da instrução**. São Paulo: McGraw Hill, 1979.

DUARTE, Maria da Conceição. Analogias na educação em ciências contributos e desafios. **Investigações em ensino de ciências**, [S.I.], v. 10, n. 1, p. 7-29, 2016.

DUIT, Reinders. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science education**, [S.I.], v. 75, n. 6, p. 649-672, 1991.

FERRAZ, Daniela Frigo; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. O uso de analogias como recurso didático por professores de biologia no ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S.I.], v. 1, n. 3, 2001.

FERRAZ, Daniela Frigo; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. Uso espontâneo de analogias por professores de biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação? **Ciência & Educação**, [S.I.], v. 9, n. 2, p. 213-227, 2003.

FERREIRA, Poliana Flávia Maia; JUSTI, Rosária da Silva. Atividades de construção de modelos e ações envolvidas. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 5., 2005, Bauru. **Atas [...]**. Bauru: ABRAPEC, 2005.

FERRY, Alexandre da Silva; ASSIS, Luciana Paula de; GRANGEIRO, Michelle Maria Dias. Modelos analógicos para o ensino de estequiometria química. *In: Semana de*

Ciência & Tecnologia do CEFET-MG, 15., 2019, Belo Horizonte. Anais [...]. Belo Horizonte: CEFET-MG. 2019. p. 224.

FOGAÇA, J. **Obstáculos epistemológicos segundo Bachelard**. Disponível em: <https://educador.brasilecola.uol.com.br/trabalho-docente/obstaculos-epistemologicos-segundo-bachelard.htm>. Acesso em: 28 maio 2021.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FRANCISCO JUNIOR, Wilmo Ernesto. Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio 2007. **Ciências & Cognição**, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 121-143, 2009.

GALAGOVSKY, Lydia R.; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. **Enseñanza de las Ciencias**, [S.l.], v. 19, n. 2, p. 231-242, 2001.

GARCÍA PÉREZ, Francisco F. *et al.* Los modelos didácticos como instrumento de análisis y de intervención en la realidad educativa. **Biblio 3w: Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales**, [S.l.], v. 207, p. 1-12, 2000.

GARDNER, H. **Inteligências múltiplas: a teoria na prática**. Tradução: Maria Adriana Veríssimo Veronese. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. 257p.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GILBERT, John K. Models and modelling: routes to more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 115-130, 2004.

GILBERT, John K.; BOULTER, Carolyn; RUTHERFORD, Margaret. Models in explanations, Part 1: Horses for courses? **International Journal of Science Education**, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 83-97, 1998.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. **Do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. Porto Alegre: Artemed, 1996.

GONZÁLEZ, Benigno. El modelo analógico como recurso didáctico en ciencias experimentales. **Revista Iberoamericana de educación**, [S.l.], v. 37, n. 2, p. 1-15, 2005.

HARRISON, Allan G.; TREAGUST, David F. Teaching and learning with analogies. *In: Metaphor and analogy in science education*. Dordrecht: Springer, 2006. p. 11-24.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Episódios de modelagem sobre oscilações mecânicas, fluidos e termodinâmica**. Porto Alegre: UFRGS, 2015. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/gpef/modelagem/hipermidia/Home.html>. Acesso em: 31 jan. 2021.

HODSON, Derek. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. **International Journal of science education**, [S.l.], v. 14, n. 5, p. 541-562, 1992.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA - INEP. **Censo escolar 2019**. Brasília: MEC/INEP, 2020.

JOHNSON-LAIRD, P. N. Mental models. In: POSNER, M. I. **Foundations of cognitive science**. Washington: The MIT Press, 1989. p. 469-499.

JUSTI, Rosária S. Learning how to model in science classroom: key teacher's role in supporting the development of students' modelling skills. **Educación Química**, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 32-40, 2009.

JUSTI, Rosária S. Proposição de um modelo para análise do desenvolvimento do conhecimento de professores de Ciências sobre modelos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. 2003. **Atas [...]**. Bauru: ABRAPEC, 2003.

JUSTI, Rosária S.; GILBERT, John K. Teachers' views on the nature of models. **International Journal of science education**, [S.l.], v. 25, n. 11, p. 1369-1386, 2003.

JUSTI, Rosaria S.; GILBERT, John K. The role of analog models in the understanding of the nature of models in Chemistry. In: AUBUSSON, P. J.; HARRISON, A. G.; RITCHIE, S. M. (Org.). **Metaphor and analogy in science education**. Dordrecht: Springer, 2006. p. 119-130.

JUSTI, Rosária S.; GILBERT, John. K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, [S.l.], v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002.

KNUUTTILA, Tarja et al. **Models as epistemic artefacts**: toward a non-representationalist account of scientific representation. [S.l.]: [s.n.], 2005.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

LUCENA, T. G. S. et al. O uso de modelagem no ensino de ciências no ensino fundamental; séries finais. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 64., 2011, São Luis. **Anais [...]**. São Luis: SBPC, 2011.

MACEDO, Isabella Barony. O uso do colírio de atropina como estratégia terapêutica para retardar o desenvolvimento de miopia em crianças. **Normas de Publicação**, [S.l.], v. 30, n. 6, p. 33, 2020.

MACHADO, Daniela Cristina. Aprendendo metodologia sob o olhar de uma principiante em pesquisa. **Revista do Núcleo de Estudos de Comunicação Rastros**, São Paulo, ano 8, n. 8, p. 96-107, 2007.

MATOS, Cláudia Helena Cysneiros *et al.* Utilização de modelos didáticos no ensino de entomologia. **Revista de biologia e ciências da terra**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 19-23, 2009.

MELO, Paulo Silva; LIBÂNEO, José Carlos. Obstáculos epistemológicos e a formação de conceitos. **Vida de Ensino**, [S.l.], v. 3, 2017.

MENDES, Isabel Cristina Gomes. **A aprendizagem não formal para adultos: o caso da rede de bibliotecas de Lisboa**. 2018. 402 f. Tese (Doutorado em Ciências da Documentação e Informação) – Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2018.

MENDONÇA, Paula Cristina Cardoso; JUSTI, Rosária S.; OLIVEIRA, Mary Mendes de. Analogias sobre ligações químicas elaboradas por alunos do ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S.l.], v. 6, n. 1, 2006.

MILLAR, Robin; OSBORNE, Jonathan; NOTT, Mick. Science education for the future. **School Science Review**, [S.l.], v. 80, n. 291, p. 19-24, 1998.

MINAYO, Maria Cecília de Souza; DESLANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 1996.

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio. **Investigações em ensino de ciências**, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 67-91, 2016.

MOREIRA, Marco Antonio. Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. **Revista brasileira de ensino de ciência e tecnologia**. Ponta Grossa, v. 7, n. 2, p. 1-20, 2014.

MOREIRA, Marco Antonio. Modelos mentais. **Investigações em ensino de ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982. 112 p.

MORGAN, M. S.; MORRISON, M. **Models as mediators: perspectives on natural and social science**. São Paulo: Cambridge University Press, 1999.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. da S. Modelagem analógica no ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S.l.], v. 23, n. 1, p. 155-182, 2018.

NERSESSIAN, Nancy J. Model-based reasoning in scientific practice. *In*: NERSESSIAN, Nancy J. **Teaching scientific inquiry**. Boston: Brill, 2008. p. 57-79.

NERSESSIAN, Nancy J. **Teaching scientific inquiry**. Boston: Brill, 2008.

NICOLA, Jéssica Anese; PANIZ, Catiane Mazocco. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de biologia. **Infor, Inov. Form., Rev. NEaD-Unesp**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 355-381, 2016. ISSN 2525-3476.

OLIVA, J. M. *et al.* Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, [S.l.], v. 19, n. 3, p. 453-470, 2001.

PACCA, Jesuína Lopes de A.; SCARINCI, Anne L. AS AULAS DE CIÊNCIAS E O DESENVOLVIMENTO DE MODELOS FÍSICOS. *In*: ENCONTRO NACIONAL PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Enpec, 2009.

PELIZZARI, Adriana et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002.

PERKINS, David N. Educating for Insight. **Educational leadership**, [S.l.], v. 49, n. 2, p. 4-8, 1991.

POINCARÉ, Henri. **A ciência e a hipótese**. Brasília: UNB, 1985. 181 p. (Coleção pensamento científico, 19).

RAMOS, Ivo de Jesus. **Concepções sobre o aprender a aprender e suas possibilidades de aplicação na educação escolar**. 2001. 139 f. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) – Programa de Mestrado em Educação Tecnológica, CEFET-MG, 2001.

RAMOS, Ivo de Jesus; ORTEGA, Leila Saddi. Analogias para compreender novos conceitos no ensino de ciências. **Latin American Journal of Science Education**, [S.l.], v. 6, n. 22002, 2019.

SAGAN, Carl. A persistência da memória. **Cosmos**, [Seriado]. Los Angeles: PBS, 1980. (11º Episódio).

SANTOS, Monique; JUSTI, Rosária S. Inserção e discussão de aspectos de natureza da ciência em uma situação de ensino fundamentado em modelagem. *In*: ENCONTRO DE ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO, 2., 2020, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: UFMG, 2020.

SILVA, Leandro Londero da; PIMENTEL, Naida Lena; TERRAZZAN, Eduardo. As analogias na revista de divulgação científica Ciência Hoje das Crianças. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 1, p. 163-181, 2011.

SZLAK, C. **Como as pessoas aprendem: cérebro, mente, experiência e escola**. [S.l.]: Senac, 2007.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 1988.

TREAGUST, David F.; CHITTLEBOROUGH, Gail; MAMIALA, Thapelo L. Students' understanding of the role of scientific models in learning science. **International journal of science education**, [S.l.], v. 24, n. 4, p. 357-368, 2002.

TRINDADE, Daniela Jéssica; NAGASHIMA, Lucila Akiko; ANDRADE, Cíntia Cristiane de. Obstáculos epistemológicos sob a perspectiva de Bachelard. **Brazilian Journal of Development**, [S.l.], v. 5, n. 10, p. 17829-17843, 2019.

VALERIO NETTO, Antonio. **Processamento e análise de imagens para medição de vícios de refração ocular**. 2003. Tese (Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

WESTPHAL, Murilo; PINHEIRO, Thais Cristine. A epistemologia de Mario Bunge e sua contribuição para o ensino de ciências. **Ciência & educação**, [S.l.], v. 10, n. 3, p. 585-596, 2004.

WICHADIT, Sittichai *et al.* Using analogy and model to enhance conceptual change in thai middle school students. **Online Submission**, [S.l.], v. 8, n. 3, p. 333-338, 2011.

ZORZAN, Adriana Loss. O conhecimento científico em Bachelard. **Revista de Ciências Humanas**, v. 6, n. 7, p. 85-100, 2005.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PRÉ-ATIVIDADE

QUESTIONÁRIO PRÉ-ATIVIDADE

I-PERFIL DOS PARTICIPANTES

NOME OU INICIAIS: OPCIONAL

1. Sexo:
2. Idade:
3. Escola que cursou o Ensino Fundamental:
() pública; () privada ou () mista

II-AVALIAÇÃO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS

4. Relate o que você entende por modelo. Cite um exemplo de modelo em seu cotidiano.
5. Relate o que você entende por analogia.
6. Cite um exemplo de analogia.
7. Relate o que você entende por o vício de refração (ametropias)
8. Cite um exemplo de o vício de refração que você conhece.
9. Explique sucintamente a o vício de refração que você citou no item anterior.
10. Cite algumas partes presentes no olho humano.
11. Explique as respectivas funções das partes do olho humano, citados no item anterior.

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO PÓS-ATIVIDADE

QUESTIONÁRIO PÓS-ATIVIDADE

QUESTIONÁRIO A SER RESPONDIDO APÓS APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DA PESQUISA

Durante os procedimentos da pesquisa foram desenvolvidos modelos analógicos que representem alguns vícios de refração da visão humana (ametropia) por diferentes grupos de participantes. Responda as questões que se seguem:

I – Escolha de um modelo analógicos a partir das apresentações dos modelos elaborados pelos grupos,

(1) Escolha um dos modelos e (2) Explique de forma sucinta os possíveis fatores responsáveis por esse vício de refração, com base nos seus conhecimentos científicos apreendidos.

(1) Modelo escolhido: _____

(2) Explicação do vício de refração escolhido:

II – Avaliação Individual da sequência didática e do ensino mediado por modelo

- (1) Após a atividade didática, cite quais partes são constituintes do olho humano.
- (2) Explique as respectivas funções das partes do olho humano, citados no item anterior
- (3) Você já havia vivenciado uma metodologia de ensino e aprendizagem com o uso de modelos? Justifique a sua resposta.

- (4) Como você avalia os modelos didáticos construídos (processo de modelagem) pelos grupos de participantes no processo de ensino e aprendizagem das ametropias?
- (5) Como você avalia a analogia estabelecida entre o olho humano e a máquina fotográfica analógica?

III - Avaliação Coletiva do grupo para a sequência didática e ensino mediado por modelo

- (1) Em grupo, elenque os pontos positivos e negativos, respectivamente justificados, que foram percebidos e discutidos pelo grupo, durante os desenvolvimentos das atividades de modelagem.
- (2) Qual(is) sua(s) contribuição você pode mencionar para esta atividade didática seja mais efetiva para o ensino e aprendizagem de ametropias, na física.

APÊNDICE C - TALE PARA PARTICIPANTES MENORES DE IDADE

TERMO DE ASSENTIMENTO PARA PARTICIPANTE MENOR DE IDADE (6 anos acima) (TALE)

BASEADO NAS DIRETRIZES CONTIDAS NA RESOLUÇÃO CNS, Nº466/2012, MS

Projeto CAAE: _____, aprovado pelo Sistema CEP/CONEP, em ____ de _____ de 20__.

Prezado(a) _____,

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada: ***Analogias e modelos enquanto mediadores nos processos de ensino e aprendizagem nas ametropias do olho humano.***

Este convite se deve ao fato de você ser estudante do 2º Ano do Ensino Médio e Técnico do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais-CEFET-MG, o que seria muito útil para o andamento da pesquisa.

O pesquisador responsável pela pesquisa é Antônio Rocha Miranda, RG MG-5.038.041, mestrando em Educação Tecnológica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG. Pretende-se com esta pesquisa buscar elucidações que possam contribuir com o debate sobre o uso de analogias e modelos no processo de ensino e de aprendizagem no âmbito da educação escolar no ensino de ciências. Nessa pesquisa almeja-se estudar conhecimentos da Física (Óptica Geométrica), relacionados aos defeitos da visão humana, conteúdo normalmente trabalhado com estudantes do Ensino Médio e Técnico do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). A pesquisa será desenvolvida pela aplicação do questionário 1, seguido de uma metodologia didática baseada na construção de modelos e a aplicação do questionário 2.

Como participante da pesquisa você receberá dois questionários com questões a serem respondidas e que possuem o objetivo de criar condições para o entendimento da pergunta desta pela pesquisa. O questionário poderá ser enviado por e-mail ou entregue pessoalmente, o que for mais cômodo. Dados confidenciais como o seu nome como participante são opcionais, ficando livre a decisão de

registro e identificação no questionário. Caso decida realizar sua identificação, o pesquisador se compromete em manter em sigilo as informações obtidas nesta pesquisa. Como participante você tem o direito de desistir ou interromper o processo de participação na pesquisa a qualquer momento durante os procedimentos, sem que haja nenhum prejuízo para você. O perfil da pesquisa não prevê nenhum benefício direto ou indireto, mas como participante da pesquisa terá o direito de acesso aos resultados da pesquisa, caso manifeste o interesse, bem como contribuir de maneira ímpar para o debate científico sobre as analogias e modelos didáticos nos processos de ensino e aprendizagem dos conhecimentos em Ciências da Natureza, assunto ainda pouco pesquisado, com a participação efetiva de estudantes nestes processos.

Com o seu aceite em ser participante da pesquisa, enfatizo que os riscos são mínimos, e medidas serão tomadas para mitigá-los: (I) Pode ser considerado como um risco a divulgação de dados pessoais do participante da pesquisa (são opcionais), e, se for o caso, como ação mitigadora o pesquisador se compromete a manter antivírus atualizado para evitar possíveis rastreamentos por IP do computador, em caso de utilização de meio digital. Caso a opção seja o recebimento do questionário de forma presencial ou por email, o pesquisador se compromete a fazê-lo. Importante frisar que os dados pessoais como o nome do participante são opcionais e caso seja citado será mantido em total sigilo. (II) Demandar tempo do participante da pesquisa para responder ao questionário (aproximadamente 30 a 40 minutos) e como ação mitigadora o questionário foi elaborado com questões diretas (breves) e organizado por temas a serem pesquisados para facilitar o entendimento, bem como foi utilizado estruturas diferentes de perguntas para criar uma dinâmica e buscar agilidade no processo de preenchimento. (III) Causar algum tipo de constrangimento ao responder as questões do questionário e como ação mitigadora as questões têm caráter exploratório sem ser invasivo ou pessoal e caso o participante se sinta constrangido, tem o direito de não responder a respectiva questão ou mesmo se desvincular da pesquisa. Reforço que a intenção da pesquisa e do questionário é coletar dados sobre as discussões didáticas propostas.

Como participante de uma pesquisa e de acordo com a legislação brasileira, você é portador de diversos direitos, além do anonimato, da confidencialidade, do sigilo e da privacidade, mesmo após o término ou interrupção da pesquisa. Assim, lhe é garantido:

- A observância das práticas determinadas pela legislação aplicável, incluindo as Resoluções 466 (e, em especial, seu item IV.3) e 510 do Conselho Nacional de Saúde, que disciplinam a ética em pesquisa e este Termo;
- A observância das práticas determinadas pela legislação aplicável, incluindo a Resolução CNS466/2012, item II-23 e 24 dos Termos e Definições, esclarece: II.2 – assentimento livre e esclarecido – anuência do participante da pesquisa, criança, adolescente ou legalmente incapaz, livre de vícios (simulação, fraude ou erro), dependência, subordinação ou intimidação. Tais participantes devem ser esclarecidos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa lhes acarretar, na medida de sua compreensão e respeitados em suas singularidades.
- A plena liberdade para decidir sobre sua participação sem prejuízo ou represália alguma, de qualquer natureza;
- A plena liberdade de retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem prejuízo ou represália alguma, de qualquer natureza. Nesse caso, os dados colhidos de sua participação até o momento da retirada do consentimento serão descartados a menos que você autorize explicitamente o contrário;
- O acompanhamento e a assistência, mesmo que posteriores ao encerramento ou interrupção da pesquisa, de forma gratuita, integral e imediata, pelo tempo necessário, sempre que requerido e relacionado à sua participação na pesquisa, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- O acesso aos resultados da pesquisa;
- O ressarcimento de qualquer despesa relativa à participação na pesquisa (por exemplo, custo de locomoção até o local combinado para a realização da pesquisa), inclusive de eventual acompanhante, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- A indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa;
- O acesso a este Termo. Este documento é rubricado e assinado por você e por um pesquisador da equipe de pesquisa, em duas vias, sendo que uma via ficará em sua propriedade. Se perder a sua via, poderá ainda solicitar uma cópia do documento ao pesquisador responsável.

Qualquer dúvida ou necessidade – nesse momento, no decorrer da sua participação ou após o encerramento ou eventual interrupção da pesquisa – pode

ser dirigida ao pesquisador, por e-mail: rochaantonior@yahoo.com.br, telefone (31)996977382.

Se preferir, ou em caso de reclamação ou denúncia de descumprimento de qualquer aspecto ético relacionado à pesquisa, você poderá recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), vinculado à CONEP (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa), comissões colegiadas, que têm a atribuição legal de defender os direitos e interesses dos participantes de pesquisa em sua integridade e dignidade, e para contribuir com o desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos. Você poderá acessar a página do CEP, disponível em: <<http://www.cep.cefetmg.br>> ou contatá-lo pelo endereço: Av. Amazonas, n. 5855 - Campus VI; E-mail: cep@cefetmg.br; Telefone: +55 (31) 3379-3004 ou presencialmente, no horário de atendimento ao público: às terças-feiras: 12:00 às 16:00 horas e quintas-feiras: 07:30 às 12:30 horas.

Se optar por participar da pesquisa, peço-lhe que rubrique todas as páginas deste Termo, identifique-se e assine a declaração a seguir, que também deve ser rubricada e assinada pelo pesquisador.

CONSENTIMENTO PÓS INFORMADO

Eu _____ aceito participar da pesquisa (*Analogias e modelos enquanto mediadores nos processos de ensino e aprendizagem nas ametropias do olho humano*).

Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer.

Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir e que ninguém vai ficar com raiva de mim.

Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis.

Recebi uma cópia deste termo de assentimento, li e concordo em participar da pesquisa.

Belo Horizonte, ____ de _____ de 2019.

Assinatura do menor

Assinatura do pesquisador

Se quiser receber os resultados da pesquisa, indique seu e-mail ou, se preferir, endereço postal, no espaço a seguir:

APÊNDICE D - TCLE PARA PARTICIPANTES MAIORES DE IDADE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Projeto CAAE: _____, aprovado pelo Sistema CEP/CONEP, em ____ de _____ de 2019.

Prezado(a) _____,

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada: ***Analogias e modelos enquanto mediadores nos processos de ensino e aprendizagem nas ametropias do olho humano.*** Este convite se deve ao fato de você ser estudante do Ensino Médio e Técnico do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais- CEFET-MG, o que seria muito útil para o andamento da pesquisa (critério de inclusão ou de exclusão).

O pesquisador responsável pela pesquisa é Antônio Rocha Miranda, RG MG-5.038.041, mestrando em Educação Tecnológica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG. Pretende-se com esta pesquisa buscar elucidações que possam contribuir com o debate sobre o uso de analogias e modelos no processo de ensino e de aprendizagem no âmbito da educação escolar no ensino de ciências. Nessa pesquisa almeja-se estudar conhecimentos da Física Óptica, relacionados aos defeitos da visão humana (MIOPIA, HIPERMETROPIA, ASTIGMATISMO E PRESBIOPIA), ou seja, às ametropias, conteúdo normalmente trabalhado com estudantes do Ensino Médio e Técnico do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). A pesquisa em questão terá uma abordagem qualitativa, de natureza aplicada, com objetivos de caráter exploratório e procedimentos metodológicos de uma pesquisa-ação, enquanto linha de pesquisa associada a diversas formas de ação coletiva que é orientada em função da resolução de problemas ou de objetivos de transformação. Será realizada uma revisão de literatura no Portal de Periódicos CAPES/MEC e como instrumento de coleta de dados será utilizado questionários.

Como participante da pesquisa você receberá dois questionários com questões a serem respondidas e que possuem o objetivo de criar condições para o entendimento da questão proposta pela pesquisa. O questionário poderá ser enviado por e-mail ou entregue pessoalmente, o que for mais cômodo. Dados

confidenciais como o seu nome como participante são opcionais, ficando livre a decisão de registro e identificação no questionário. Como participante você tem o direito de desistir ou interromper o processo de participação na pesquisa a qualquer momento, de forma a não trazer nenhum desconforto. O perfil da pesquisa não prevê nenhum benefício direto ou indireto, mas como participante da pesquisa terá o direito de acesso aos resultados da pesquisa, caso manifeste o interesse, bem como contribuir de maneira ímpar para o debate científico sobre as analogias e modelos didáticos nos processos de ensino e aprendizagem dos conhecimentos em Ciências da Natureza, assunto ainda pouco pesquisado, com a participação efetiva de estudantes nestes processos.

Com o seu aceite em ser participante da pesquisa, enfatizo que existem alguns riscos, mas medidas serão tomadas para neutralizá-los. (I) Pode ser considerado como um risco a divulgação de dados confidenciais do participante da pesquisa, mas como ação mitigadora o pesquisador se compromete a manter antivírus atualizado para evitar possíveis rastreamentos por IP do computador, em caso de utilização de meio digital. Caso a opção seja o recebimento do questionário de forma presencial ou pelo correio, o pesquisador se compromete a fazê-lo. Importante frisar que os dados pessoais como o nome do participante são opcionais e caso seja citado será mantido em total sigilo. (II) Demandar tempo do participante da pesquisa para responder ao questionário (aproximadamente 30 a 40 minutos) e como ação mitigadora o questionário foi elaborado com questões diretas (breves) e organizado por temas a serem pesquisados para facilitar o entendimento, bem como foi utilizado estruturas diferentes de perguntas para criar uma dinâmica e buscar agilidade no processo de preenchimento. (III) Causar algum tipo de constrangimento ao responder as questões do questionário e como ação mitigadora as questões têm caráter exploratório sem ser invasivo ou pessoal e caso o participante se sinta constrangido, tem o direito de não responder a respectiva questão ou mesmo se desvincular da pesquisa. É importante salientar que embora a pesquisa em questão ofereça riscos mínimos acredita-se que ela poderá contribuir de maneira ímpar para o debate científico sobre as analogias e modelos didáticos nos processos de ensino e aprendizagem dos conhecimentos em Ciências da Natureza, assunto ainda pouco pesquisado, com a participação efetiva de estudantes nestes processos.

Reforço que a intenção da pesquisa e questionário não é identificar o participante, mas coletar dados sobre o que as discussões propostas.

Como participante de uma pesquisa e de acordo com a legislação brasileira, você é portador de diversos direitos, além do anonimato, da confidencialidade, do sigilo e da privacidade, mesmo após o término ou interrupção da pesquisa. Assim, lhe é garantido:

- A observância das práticas determinadas pela legislação aplicável, incluindo as Resoluções 466 (e, em especial, seu item IV.3) e 510 do Conselho Nacional de Saúde, que disciplinam a ética em pesquisa e este Termo;
- A plena liberdade para decidir sobre sua participação sem prejuízo ou represália alguma, de qualquer natureza;
- A plena liberdade de retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem prejuízo ou represália alguma, de qualquer natureza. Nesse caso, os dados colhidos de sua participação até o momento da retirada do consentimento serão descartados a menos que você autorize explicitamente o contrário;
- O acompanhamento e a assistência, mesmo que posteriores ao encerramento ou interrupção da pesquisa, de forma gratuita, integral e imediata, pelo tempo necessário, sempre que requerido e relacionado à sua participação na pesquisa, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- O acesso aos resultados da pesquisa;
- O ressarcimento de qualquer despesa relativa à participação na pesquisa (por exemplo, custo de locomoção até o local combinado para a realização da pesquisa), inclusive de eventual acompanhante, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- A indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa;
- O acesso a este Termo. Este documento é rubricado e assinado por você e por um pesquisador da equipe de pesquisa, em duas vias, sendo que uma via ficará em sua propriedade. Se perder a sua via, poderá ainda solicitar uma cópia do documento ao pesquisador responsável.

Qualquer dúvida ou necessidade – nesse momento, no decorrer da sua participação ou após o encerramento ou eventual interrupção da pesquisa – pode ser dirigida ao pesquisador, por e-mail: rochaantonior@yahoo.com.br, telefone (31)996977382.

Se preferir, ou em caso de reclamação ou denúncia de descumprimento de qualquer aspecto ético relacionado à pesquisa, você poderá recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas

Gerais (CEFET-MG), vinculado à CONEP (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa), comissões colegiadas, que têm a atribuição legal de defender os direitos e interesses dos participantes de pesquisa em sua integridade e dignidade, e para contribuir com o desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos. Você poderá acessar a página do CEP, disponível em: <<http://www.cep.cefetmg.br>> ou contatá-lo pelo endereço: Av. Amazonas, n. 5855 - Campus VI; E-mail: cep@cefetmg.br; Telefone: +55 (31) 3379-3004 ou presencialmente, no horário de atendimento ao público: às terças-feiras: 12:00 às 16:00 horas e quintas-feiras: 07:30 às 12:30 horas.

Se optar por participar da pesquisa, peço-lhe que rubrique todas as páginas deste Termo, identifique-se e assine a declaração a seguir, que também deve ser rubricada e assinada pelo pesquisador.

DECLARAÇÃO

Eu, _____, abaixo assinado, de forma livre e esclarecida, declaro que aceito participar da pesquisa (***Analogias e modelos enquanto mediadores nos processos de ensino e aprendizagem nas ametropias do olho humano***) como estabelecido neste TERMO.

Assinatura do participante da pesquisa: _____

Assinatura do pesquisador: _____

Belo Horizonte, _____ de _____ de 2019.

Se quiser receber os resultados da pesquisa, indique seu e-mail ou, se preferir, endereço postal, no espaço a seguir: _____

**APÊNDICE E - TALE PARA RESPONSÁVEIS DE PARTICIPANTES MENORES
DE IDADE**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO AOS PAIS (TCLE)
BASEADO NAS DIRETRIZES CONTIDAS NA RESOLUÇÃO CNS,
Nº466/2012, MS**

Projeto CAAE: _____, aprovado pelo Sistema CEP/CONEP, em ____ de _____ de 2019.

Prezado(a) _____,

Seu filho (a) está sendo convidado (a) a participar da pesquisa intitulada: Analogias e modelos enquanto mediadores nos processos de ensino e aprendizagem nas ametropias do olho humano.

Este convite se deve ao fato dele ser estudante do Ensino Médio e Técnico do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais- CEFET-MG, o que seria muito útil para o andamento da pesquisa (critério de inclusão ou de exclusão).

O pesquisador responsável pela pesquisa é Antônio Rocha Miranda, RG MG-5.038.041, mestrando em Educação Tecnológica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG. Pretende-se com esta pesquisa buscar elucidações que possam contribuir com o debate sobre o uso de analogias e modelos no processo de ensino e de aprendizagem no âmbito da educação escolar no ensino de ciências. Nessa pesquisa almeja-se estudar conhecimentos da Física (Óptica Geométrica), relacionados aos defeitos da visão humana (MIOPIA, HIPERMETROPIA, ASTIGMATISMO E PRESBIOPIA), ou seja, às ametropias, conteúdo normalmente trabalhado com estudantes do Ensino Médio e Técnico do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). A pesquisa em questão terá uma abordagem qualitativa, de natureza aplicada, com objetivos de caráter exploratório e procedimentos metodológicos de uma pesquisa-ação, enquanto linha de pesquisa associada a diversas formas de ação coletiva que é orientada em função da resolução de problemas ou de objetivos de transformação. Será realizada uma revisão de literatura no Portal de Periódicos CAPES/MEC e como instrumento de coleta de dados será utilizado questionários.

Como participante da pesquisa seu filho (a) receberá dois questionários com questões a serem respondidas e que possuem o objetivo de criar condições para o entendimento da questão proposta pela pesquisa. O questionário poderá ser enviado por e-mail ou entregue pessoalmente, o que for mais cômodo. Dados confidenciais como o seu nome como participante são opcionais, ficando livre a decisão de registro e identificação no questionário. Como participante seu filho (a) tem o direito de desistir ou interromper o processo de participação na pesquisa a qualquer momento, de forma a não trazer nenhum desconforto. O perfil da pesquisa não prevê nenhum benefício direto ou indireto, mas como participante da pesquisa terá o direito de acesso aos resultados da pesquisa, caso manifeste o interesse, bem como contribuir de maneira ímpar para o debate científico sobre as analogias e modelos didáticos nos processos de ensino e aprendizagem dos conhecimentos em Ciências da Natureza, assunto ainda pouco pesquisado, com a participação efetiva de estudantes nestes processos.

Caso o senhor(a) aceite com a participação de seu filho (a) na pesquisa, enfatizo que existem alguns riscos, mas medidas serão tomadas para neutralizá-los. (I) Pode ser considerado como um risco a divulgação de dados confidenciais do participante da pesquisa, mas como ação mitigadora o pesquisador se compromete a manter antivírus atualizado para evitar possíveis rastreamentos por IP do computador, em caso de utilização de meio digital. Caso a opção seja o recebimento do questionário de forma presencial ou pelo correio, o pesquisador se compromete a fazê-lo. Importante frisar que os dados pessoais como o nome do participante são opcionais e caso seja citado será mantido em total sigilo. (II) Demandar tempo do participante da pesquisa para responder ao questionário (aproximadamente 30 a 40 minutos) e como ação mitigadora o questionário foi elaborado com questões diretas (breves) e organizado por temas a serem pesquisados para facilitar o entendimento, bem como foi utilizado estruturas diferentes de perguntas para criar uma dinâmica e buscar agilidade no processo de preenchimento. (III) Causar algum tipo de constrangimento ao responder as questões do questionário e como ação mitigadora as questões têm caráter exploratório sem ser invasivo ou pessoal e caso o participante se sinta constrangido, tem o direito de não responder a respectiva questão ou mesmo se desvincular da pesquisa. Reforço que a intenção da pesquisa e questionário não é identificar o participante, mas coletar dados sobre o que as discussões propostas.

Como participante de uma pesquisa e de acordo com a legislação brasileira, seu filho (a) é portador de diversos direitos, além do anonimato, da confidencialidade, do sigilo e da privacidade, mesmo após o término ou interrupção da pesquisa. Assim, lhe é garantido:

- vias, sendo que uma via ficará em sua propriedade. Se perder a sua via, poderá ainda solicitar uma cópia do documento A observância das práticas determinadas pela legislação aplicável, incluindo as Resoluções 466 (e, em especial, seu item IV.3) e 510 do Conselho Nacional de Saúde, que disciplinam a ética em pesquisa e este Termo;
- A observância das práticas determinadas pela legislação aplicável, incluindo a Resolução CNS466/2012, item II-23 e 24 dos Termos e Definições, esclarece: II.2 – assentimento livre e esclarecido – anuência do participante da pesquisa, criança, adolescente ou legalmente incapaz, livre de vícios (simulação, fraude ou erro), dependência, subordinação ou intimidação. Tais participantes devem ser esclarecidos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa lhes acarretar, na medida de sua compreensão e respeitados em suas singularidades.
- A plena liberdade para decidir sobre sua participação sem prejuízo ou represália alguma, de qualquer natureza;
- A plena liberdade de retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem prejuízo ou represália alguma, de qualquer natureza. Nesse caso, os dados colhidos de sua participação até o momento da retirada do consentimento serão descartados a menos que você autorize explicitamente o contrário;
- O acompanhamento e a assistência, mesmo que posteriores ao encerramento ou interrupção da pesquisa, de forma gratuita, integral e imediata, pelo tempo necessário, sempre que requerido e relacionado à sua participação na pesquisa, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- O acesso aos resultados da pesquisa;
- O ressarcimento de qualquer despesa relativa à participação na pesquisa (por exemplo, custo de locomoção até o local combinado para a realização da pesquisa), inclusive de eventual acompanhante, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- A indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa;

- O acesso a este Termo. Este documento é rubricado e assinado por você e por um pesquisador da equipe de pesquisa, em duas ao pesquisador responsável.

Qualquer dúvida ou necessidade – nesse momento, no decorrer da sua participação ou após o encerramento ou eventual interrupção da pesquisa – pode ser dirigida ao pesquisador, por e-mail: rochaantonior@yahoo.com.br, telefone (31)996977382.

Se preferir, ou em caso de reclamação ou denúncia de descumprimento de qualquer aspecto ético relacionado à pesquisa, você poderá recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), vinculado à CONEP (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa), comissões colegiadas, que têm a atribuição legal de defender os direitos e interesses dos participantes de pesquisa em sua integridade e dignidade, e para contribuir com o desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos. Você poderá acessar a página do CEP, disponível em: <http://www.cep.cefetmg.br> ou contatá-lo pelo endereço: Av. Amazonas, n. 5855 - Campus VI; E-mail: cep@cefetmg.br; Telefone: +55 (31) 3379-3004 ou presencialmente, no horário de atendimento ao público: às terças-feiras: 12:00 às 16:00 horas e quintas-feiras: 07:30 às 12:30 horas.

Se optar por participar da pesquisa, peço-lhe que rubrique todas as páginas deste Termo, identifique-se e assine a declaração a seguir, que também deve ser rubricada e assinada pelo pesquisador.

CONSENTIMENTO PÓS INFORMADO

Eu _____ autorizo meu filho (a) a participar da pesquisa (***Analogias e modelos enquanto mediadores nos processos de ensino e aprendizagem nas ametropias do olho humano***).

Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer.

Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir e que ninguém vai ficar com raiva de mim.

Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis.

Recebi uma cópia deste termo de assentimento, li e concordo em participar da pesquisa.

Belo Horizonte, ____ de _____ de 2019.

Assinatura do responsável

Assinatura do pesquisador

Se quiser receber os resultados da pesquisa, indique seu e-mail ou, se preferir, endereço postal, no espaço a seguir: _____

APÊNDICE F – TCLE PARA PROFESSORES PARTICIPANTES

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DOCENTE (TCLE)

Projeto CAAE: _____, aprovado pelo Sistema CEP/CONEP, em ____ de _____ de 2019.

Prezado
professor(a) _____,

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada: ***Analogias e modelos enquanto mediadores nos processos de ensino e aprendizagem nas ametropias do olho humano***. Este convite se deve ao fato de você ser professor do Ensino Médio e Técnico do Centro Federal de Educação tecnológica de Minas Gerais- CEFET-MG, o que seria muito útil para o andamento da pesquisa (critério de inclusão ou de exclusão).

O pesquisador responsável pela pesquisa é Antônio Rocha Miranda, RG MG-5.038.041, mestrando em Educação Tecnológica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG. Pretende-se com esta pesquisa buscar elucidações que possam contribuir com o debate sobre o uso de analogias e modelos no processo de ensino e de aprendizagem no âmbito da educação escolar no ensino de ciências. Nessa pesquisa almeja-se estudar conhecimentos da Física (Óptica Geométrica), relacionados aos defeitos da visão humana (MIOPIA, HIPERMETROPIA, ASTIGMATISMO E PRESBIOPIA), ou seja, às ametropias, conteúdo normalmente trabalhado com estudantes do Ensino Médio e Técnico do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). A pesquisa em questão terá uma abordagem qualitativa, de natureza aplicada, com objetivos de caráter exploratório e procedimentos metodológicos de uma pesquisa-ação, enquanto linha de pesquisa associada a diversas formas de ação coletiva que é orientada em função da resolução de problemas ou de objetivos de transformação. Será realizada uma revisão de literatura no Portal de Periódicos CAPES/MEC e como instrumento de coleta de dados será utilizado apenas questionários dos estudantes participantes.

Como participante você tem o direito de desistir ou interromper o processo de participação na pesquisa a qualquer momento, de forma a não trazer nenhum desconforto. O perfil da pesquisa não prevê nenhum benefício direto ou indireto, mas como participante da pesquisa terá o direito de acesso aos resultados da pesquisa, caso manifeste o interesse, bem como contribuir de maneira ímpar para o debate científico sobre as analogias e modelos didáticos nos processos de ensino e aprendizagem dos conhecimentos em Ciências da Natureza, assunto ainda pouco pesquisado, com a participação efetiva de estudantes nestes processos.

Com o seu aceite em ser participante da pesquisa, enfatizo que existem alguns riscos, mas medidas serão tomadas para neutralizá-los. (I) Pode ser considerado como um risco a divulgação de dados confidenciais do participante da pesquisa, mas como ação mitigadora o pesquisador se compromete a manter antivírus atualizado para evitar possíveis rastreamentos por IP do computador, em caso de utilização de meio digital. Caso a opção seja o recebimento do questionário de forma presencial ou pelo correio, o pesquisador se compromete a fazê-lo. Importante frisar que os dados pessoais como o nome do participante são opcionais e caso seja citado será mantido em total sigilo. (II) Demandar tempo do professor participante da pesquisa para auxiliar o pesquisador (aproximadamente 30 a 40 minutos) e como ação mitigadora o questionário para os estudantes foi elaborado com questões diretas (breves) e organizado por temas a serem pesquisados para facilitar o entendimento, bem como foi utilizado estruturas diferentes de perguntas para criar uma dinâmica e buscar agilidade no processo de preenchimento. (III) Causar algum tipo de constrangimento ao(s) professor (es) participantes durante a aplicação dos questionários aos estudantes e como ação mitigadora as questões tem caráter exploratório sem ser invasivo ou pessoal e caso o professor participante se sinta constrangido, tem o direito de não participar da respectiva metodologia ou mesmo se desvincular da pesquisa. Reforço que a intenção da pesquisa e questionário não é identificar o participante, mas coletar dados sobre o que as discussões propostas.

Como participante de uma pesquisa e de acordo com a legislação brasileira, você é portador de diversos direitos, além do anonimato, da confidencialidade, do sigilo e da privacidade, mesmo após o término ou interrupção da pesquisa. Assim, lhe é garantido:

- A observância das práticas determinadas pela legislação aplicável, incluindo as Resoluções 466 (e, em especial, seu item IV.3) e 510 do Conselho Nacional de Saúde, que disciplinam a ética em pesquisa e este Termo;
- A plena liberdade para decidir sobre sua participação sem prejuízo ou represália alguma, de qualquer natureza;
- A plena liberdade de retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem prejuízo ou represália alguma, de qualquer natureza. Nesse caso, os dados colhidos de sua participação até o momento da retirada do consentimento serão descartados a menos que você autorize explicitamente o contrário;
- O acompanhamento e a assistência, mesmo que posteriores ao encerramento ou interrupção da pesquisa, de forma gratuita, integral e imediata, pelo tempo necessário, sempre que requerido e relacionado à sua participação na pesquisa, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- O acesso aos resultados da pesquisa;
- O ressarcimento de qualquer despesa relativa à participação na pesquisa (por exemplo, custo de locomoção até o local combinado para a realização da pesquisa), inclusive de eventual acompanhante, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- A indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa;
- O acesso a este Termo. Este documento é rubricado e assinado por você e por um pesquisador da equipe de pesquisa, em duas vias, sendo que uma via ficará em sua propriedade. Se perder a sua via, poderá ainda solicitar uma cópia do documento ao pesquisador responsável.

Qualquer dúvida ou necessidade – nesse momento, no decorrer da sua participação ou após o encerramento ou eventual interrupção da pesquisa – pode ser dirigida ao pesquisador, por e-mail: rochaantonior@yahoo.com.br, telefone (31)996977382.

Se preferir, ou em caso de reclamação ou denúncia de descumprimento de qualquer aspecto ético relacionado à pesquisa, você poderá recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), vinculado à CONEP (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa), comissões colegiadas, que têm a atribuição legal de defender os direitos e interesses dos participantes de pesquisa em sua integridade e dignidade, e para contribuir com o desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos. Você

poderá acessar a página do CEP, disponível em: <<http://www.cep.cefetmg.br>> ou contatá-lo pelo endereço: Av. Amazonas, n. 5855 - Campus VI; E-mail: cep@cefetmg.br; Telefone: +55 (31) 3379-3004 ou presencialmente, no horário de atendimento ao público: às terças-feiras: 12:00 às 16:00 horas e quintas-feiras: 07:30 às 12:30 horas.

Se optar por participar da pesquisa, peço-lhe que rubrique todas as páginas deste Termo, identifique-se e assine a declaração a seguir, que também deve ser rubricada e assinada pelo pesquisador.

DECLARAÇÃO

Eu, _____, abaixo assinado, de forma livre e esclarecida, declaro que aceito participar da pesquisa como estabelecido neste TERMO.

Assinatura do professor participante da pesquisa:

Assinatura do pesquisador:

Belo Horizonte, _____ de _____ de 2019.

Se quiser receber os resultados da pesquisa, indique seu e-mail ou, se preferir, endereço postal, no espaço a seguir: _____

**APÊNDICE G - QUADRO REFERENTE A QUESTÃO 01 DO QUESTIONÁRIO
PRÉ-ATIVIDADE**

Participantes	Questão 01: Relate o que você entende por modelo. Cite um exemplo de modelo em seu cotidiano.
P1 Coisa/MD	Modelo é uma obra que servirá de inspiração ou que ilustra uma ideia existente/ Modelo de Bohr
P2 Coisa	Modelo é uma representação de algo, uma ideia, um objeto, etc./ Modelos de redação e questões para vestibular.
P3 Coisa/MD	Modelo é algo que retrata e representa alguma coisa real, possuindo as mesmas características e tornando sua visibilidade mais fácil/ Modelos do olho humano
P4 MD	Criação ou representação para ilustrar, representar algum aspecto da natureza/ Modelo de propagação de ondas mecânicas em meios materiais (máquinas de ondas")
P5 Coisa/MD	Representação de algum elemento ou fenômeno/ Maquete
P6 Coisa/MD	Representação de algo através de uma imagem ou maquete/ Modelo de Thompson
P7 Coisa	Uma obra parecida que servirá de inspiração para uma criação ou situação ou imitará uma situação/ Plantas de prédios, modelo para a construção real
P8 Coisa/MD	Objeto e/ou forma utilizado para exemplificar algum fenômeno ou ação/ um trenzinho de brinquedo na cidade é um modelo de uma cidade real
P9 Coisa/MD	Objeto usado para representar algo real de forma a visualizar facilmente tal realidade/ olho cortado transversalmente feito de acrílico em que é possível analisar os modelos do olho humano.
P10 Coisa	Algo base, que serve de molde a partir dele, se adotado, será seguido, podendo sofrer alterações/ sala de aula
P11 MD	Criação feita com o objetivo de criar ou remontar sistemas de forma a compreendê-lo ou apresentá-lo em sua forma ideal/ modelos atômicos, Dalton, feitos para representar a ideia de um átomo.
P12 Indefinido	Exemplo a ser seguido em relação a alguma área, conhecimento e demais aspectos, como diversas provas que realizamos durante nossa vida escolar, principalmente, no Ensino Médio/ Modelo padrão do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)
P13 Coisa/MD	É uma obra, objeto, desenho, escultura que vai tentar imitar e representar outro conceito, objeto ou ideia/ modelo atômico de Bohr
P14 Pessoa/Padrão	Algo ou alguém a ser seguido, em forma de inspiração/ Meus pais

**APÊNDICE H - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 05 DO QUESTIONÁRIO
PRÉ-ATIVIDADE**

Participantes	Questão 05: Relate o que você entende por analogia.
P1	Relação entre as coisas (Relação entre objetos)
P2	Representação ou recordação da ideia de um texto em outro (Representação de coisas/objetos)
P3	É aquilo que é semelhante a uma coisa, onde elas são comparadas umas com as outras e relacionadas em determinado contexto. (Comparação e ou relação de coisas/objetos)
P4	Algo que evoque, por semelhança, outra ideia, matéria. Uma alusão de temas diferentes que se assemelham (tipo intertextualidade) (Comparação de coisas/objetos)
P5	É a explicação de algo comparando-o a outro (Comparação de coisas/objetos)
P6	Duas ou mais coisas que estabelecem uma relação entre si ao serem comparadas. (Comparação e ou relação de coisas/objetos)
P7	É uma relação que se faz de uma coisa com outra por apresentarem semelhanças. Analogia é, então, descrever uma correlação. (Relação entre coisas/objetos)
P8	Associação de ideias, acontecimentos, objetos, que se correlacionam por semelhança. Ela é utilizada, muitas vezes, para o aprendizado ou assimilação de algo. (relação de coisas/objetos)
P9	Estratégia responsável pela utilização de outras estratégias que fazem referência à algo pré-existente a fim de facilitar o entendimento de um conceito desconhecido a partir de algo conhecido. (Relação entre coisas/objetos)
P10	A analogia ocorre quando há uma comparação entre objetos, situações ou pessoas que estão em contextos distintos. (Comparação de coisas/objetos)
P11	Comparação feita por elementos similares de forma a exemplificar e reforçar uma ideia. (Comparação de coisas/objetos)
P12	Associação/ relação estabelecida a partir das semelhanças entre situações, características, relações entre outros. (Relação/comparação entre coisas/objeto)
P13	Forma de relacionar, associar, comparar alguma coisa. (Relação/comparação entre coisas/objetos)
P14	Forma de comparação, aproximando para duas situações que se assemelham. (Comparação de coisas/objetos)

APÊNDICE I - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 06 DO QUESTIONÁRIO PRÉ- ATIVIDADE

Participantes	Questão 06: Cite um exemplo de analogia
P1 Estendida	O olho e a câmera analógica
P2 Simples	Em diversos filmes e series, como “Stranger Things”, são apresentadas analogias/ referências a outros filmes.
P3 Enriquecida	Filmes sobre física, como o visto durante as aulas, que faz analogia a vários elementos do universo como buraco de minhoca e um planeta onde pode ser aplicada a teoria da relatividade.
P4 Estendida	Comparação entre o olho humano e uma câmera;
P5	
P6 Simples	As tubulações hidráulicas de uma casa e a água que passa por elas podem fazer uma analogia com os vasos sanguíneos do corpo e o sangue presente nele. Nesse sentido, ambos os “tubos” são canais ligados entre si que conduzem líquidos.
P7 Simples	É possível fazer uma analogia entre as teorias de Platão, como a “Caverna de Platão” com a realidade atual. Por exemplo, a alienação dos homens da caverna é como a alienação da sociedade sobre os perigos do uso excessivo do celular.
P8 Estendida	O olho humano com a câmera (sem ser a digital).
P9 Enriquecida	Quando o professor explica sobre física moderna, teoria da relatividade e distorção do espaço-tempo, ele utiliza de exemplos já conhecidos pela população leiga no assunto, como o caso da bola de boliche em um lençol, a fim de facilitar o entendimento.
P10 Simples	Ao realizar uma redação, por exemplo, a analogia costuma ocorrer. Exemplificando: “Muitas pessoas, atualmente, não vacinam assim como foi durante a ‘Revolta da Vacina’, no Rio de Janeiro [...]”. Aí ocorreu uma analogia ao comparar momentos distintos.
P11 Simples	Analogias filosóficas.
P12 Simples	Deixar uma criança totalmente livre nas redes sociais, ou seja, sem a fiscalização dos responsáveis é análogo ao abandono de criança em lugares públicos, sem nenhum acompanhamento.
P13 Estendida	Câmera analógica e o olho humano.
P14 Indefinido	Quando duas pessoas possuem opiniões parecidas sobre determinado assunto.

APÊNDICE J - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 07 DO QUESTIONÁRIO PRÉ- ATIVIDADE

Participantes	Questão 07: Relate o que você entende por ametropias.
P1	Defeitos de visão.
P2	Defeitos de visão desenvolvidas nos olhos, quanto à captura adequada da imagem.
P3	Defeitos de visão, ou seja, quando a imagem não chega de forma correta na retina devido a distorções de alguns elementos do olho.
P4	Defeitos biológicos da visão, os quais são responsáveis por alterar a qualidade da visão do indivíduo.
P5	Problemas de visão.
P6	Defeitos de visão.
P7	Problemas de visão causados por características diferentes do olho padrão.
P8	Problemas de visão, muitas vezes colocados como defeitos, que impedem a visão perfeita.
P9	Defeitos visuais causados por anormalidades no olho humano, o que resulta em problema na formação de imagens nítidas.
P10	Defeitos de visão.
P11	Defeitos de visão causados por diversos motivos, principalmente, por divergências no globo ocular, que alteram a imagem.
P12	Defeitos de visão, no qual a formação da imagem não ocorre normalmente.
P13	Defeitos de visão.
P14	Doenças relacionadas ao olho, isto é, quando a pessoa possui algum defeito na sua visão.

**APÊNDICE K - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 08 DO QUESTIONÁRIO
PRÉ-ATIVIDADE**

Participantes	Questão 08: Cite um exemplo de vício de refração que você conhece.
P1	Miopia
P2	Miopia
P3	Miopia
P4	Miopia
P5	Miopia
P6	Miopia
P7	Miopia
P8	Miopia
P9	Miopia
P10	Miopia
P11	Presbiopia
P12	Hipermetropia
P13	Astigmatismo
P14	Miopia

APÊNDICE L - QUADRO REFERENTE A QUESTÃO 09 DO QUESTIONÁRIO PRÉ-ATIVIDADE

Participantes	Questão 09: Explique sucintamente a vício de refração que você citou no item anterior.
P1	Dificuldade de enxergar de longe.
P2	Formação da imagem antes da retina, causando a captação falha desta na retina.
P3	Ocorre quando a visão de longe fica prejudicada. Isso se deve ao encurtamento do globo ocular e ao alto grau de convergência do cristalino, fazendo com que a imagem seja formada antes da retina. Por isso, a tendência dos míopes é de aproximar os objetos para enxergá-los.
P4	Quando há o alongamento do globo ocular, então a retina se encontra mais distante do cristalino, dessa forma, a imagem forma antes da retina (de longe é mais difícil enxergar).
P5	Quando os raios luminosos se cruzam e formam a imagem atrás da retina, sendo necessária uma lente convergente para corrigi-la.
P6	Consiste em o indivíduo não enxergar perfeitamente coisas distantes.
P7	Problema de visão causado pelo formato do olho mais achatado, que faz com que a imagem se forme antes da retina e, assim, o indivíduo fica com dificuldades de ver longe.
P8	É uma ametropia que atrapalha a visão de objetos em uma maior distância. Ela acontece devido a convergência dos raios luminosos ou de um comprimento menor do olho.
P9	Ametropia causada pelo alongamento do globo ocular e a imagem é formada antes da retina, fazendo com que o indivíduo tenha problemas para enxergar nitidamente imagens de longe.
P10	Ocorre devido o alongamento do globo ocular ou ao cristalino muito convergente. Portanto, a correção poderá ser feita por meio de lentes divergentes.
P11	Trata-se de uma falha na visão causada pelo endurecimento do cristalino que com a idade, ocorre no olho humano. Essa ametropia dificulta a formação de imagem de perto. Ela é corrigida por lentes convergentes, convexas.
P12	Defeito na visão ocorrido a partir do globo ocular achatado, assim a formação da imagem ocorre após a retina e para a correção dessa ametropia é necessária o uso de lentes convergentes.
P13	Astigmatismo ocorre quando a córnea apresenta irregularidades, fazendo com que a córnea reflita para vários pontos da retina a luz.
P14	Quando o globo ocular é muito alongado, e, por isso, a imagem é formada antes da retina, o que dificulta o indivíduo a enxergar de longe. Assim, para a correção da miopia, usa-se lentes divergentes.

**APÊNDICE M – QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 10 DO QUESTIONÁRIO
PRÉ-ATIVIDADE**

Participantes	07: Cite algumas partes que estão presentes no olho humano.
P1	Cristalino, retina, íris, pupila, cílios
P2	Cristalino, retina, nervo óptico, pupila
P3	Cristalino, pupila, retina
P4	Nervo óptico, pupila, cristalino, retina
P5	Cristalino, retina, pupila
P6	Íris, pupila, retina, cílios
P7	Retina, córnea, bastões e bastonetes, pupila
P8	Íris, pupila, córnea, cones, bastonetes, nervo óptico, humor vítreo, cristalino
P9	Íris, retina, córnea, nervo óptico, cones e bastonetes
P10	Íris, cristalino, nervo óptico
P11	Retina, cristalino, globo ocular, nervo óptico
P12	Cristalino, globo ocular, retina, bastonetes
P13	Córnea, retina, pálpebra, cones e bastonetes, pupila
P14	Cones, bastonetes, retina, globo ocular, íris, pupila, musculo óptico

APÊNDICE N - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 11 DO QUESTIONÁRIO PRÉ-ATIVIDADE

Participantes	Explique as respectivas funções das partes do olho humano citados no item anterior.
P1	Cristalino: é onde é formado a imagem. Retina: camada protetora Íris: possibilita a abertura da pupila Pupila: controle para a entrada de luz Cílios: proteção do olho
P2	Cristalino: refração da luz que entra no olho Retina: captar a imagem nervo óptico: captar a imagem Pupila: controlar a entrada de luz no olho
P3	Cristalino: responsável pela convergência das imagens para que elas cheguem a retina. Pupila: controla a entrada de luz no olho. Retina: responsável pela formação das imagens.
P4	Nervo óptico: enviar as informações até o cérebro. Pupila: regulador da entrada de luz Cristalino: região aquosa em que há refração do feixe de luz. Retina: local de formação da imagem.
P5	Cristalino: serve para convergir os raios luminosos para formar a imagem. Retina: o local onde a imagem é formada. Pupila: serve para captar os raios luminosos.
P6	Íris: controlar a entrada da luz na pupila. Pupila: captar a luz Retina: Cílios: evitar corpos estranhos entrando no olho.
P7	Retina: local que recebe a luz solar e nele os nervos ópticos recebem os impulsos e respondem a chegada de luz. Córnea: fina película que protege o olho Bastões e bastonetes: partes do olho que se encontram na retina responsáveis pela visão em cores, os bastonetes são vermelho, verde e azul. Pupila: onde a luz infiltra no olho, controlando a intensidade
P8	Íris: proteção Pupila: controlar a entrada dos raios luminosos Córnea: proteção Cones, bastonetes: captar a luz em diferentes frequências Nervo óptico: enviar as informações ao cérebro Cristalino: convergir e/ou divergir os raios Humor Vítreo:
P9	Íris: regular a intensidade de luz que reflete no olho Retina: onde a imagem se forma Córnea: tecido de proteção Nervo óptico: transmitir a imagem captada pelo olho para o cérebro Cones e bastonetes: coloração das imagens
P10	Íris: abre e fecha de acordo com a entrada de luz Cristalino: camada gelatinosa em que os raios luminosos serão refratados Nervo óptico: recebe os feixes luminosos e manda através dos nervos ao cérebro onde as imagens serão processadas.
P11	Retina: formação da imagem Cristalino: captação da luz Globo ocular: conjunto dos elementos Nervo óptico: ligação com os outros sistemas do corpo humano
P12	Cristalino: responsável pela absorção dos raios luminosos para a formação de imagens

	Globo ocular: é a estrutura que contém todos os outros elementos do olho humano Retina: responsável pela formação de imagens Bastonetes: são responsáveis pela identificação das cores e a intensificação destas.
P13	Córnea: camada fina de proteção ocular Retina: onde forma a imagem Pálpebra: proteção ocular Cones e bastonete: responsáveis pela absorção das frequências de luz (para enxergarmos as diversas cores) Pupila: controlar a entrada de raios luminosos
P14	Cones e bastonete: permitem o olho a enxergar as frequências das cores permite o olho a enxergar as luzes Retina: onde as imagens são formadas Globo ocular: o olho humano como um todo Íris: protege a pupila (parte colorida do olho) Pupila: regula a quantidade de luz que entra nos olhos Músculo óptico: responsável por contrair ou relaxar o olho.

Questionário Pós-atividade

Durante os procedimentos da pesquisa foram desenvolvidos modelos didáticos que representam algum tipo de vício de refração da visão humana ou ametropia por diferentes grupos. Responda as questões que se seguem:

Parte I: Escolha de um modelo didático

**APÊNDICE O - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 01 DO QUESTIONÁRIO
PÓS-ATIVIDADE - PARTE I**

Participantes	Questão 01: Escolha um dos modelos.
P1	Astigmatismo
P2	Presbiopia
P3	Presbiopia
P4	Presbiopia
P5	Hipermetropia
P6	Miopia
P7	Presbiopia
P8	Astigmatismo
P9	Miopia
P10	Miopia
P11	Presbiopia
P12	Miopia
P13	Astigmatismo
P14	Hipermetropia

**APÊNDICE P: TABELA REFERENTE À QUESTÃO 02 DO QUESTIONÁRIO PÓS-
ATIVIDADE - PARTE I**

Participantes	Questão 02: Explique de forma sucinta os possíveis fatores responsáveis por esse vício de refração, com base nos seus conhecimentos apreendidos.
P1	Astigmatismo: defeito em que a pessoa vê duplicado, borrado e pode ser causado pelo movimento do cristalino ou a curvatura acentuada da retina
P2	Presbiopia: causada, normalmente, pelo endurecimento do cristalino ou redução da contração do músculo ciliar.
P3	Presbiopia: causada pela redução da contração do músculo ocular, ou pela rigidez do cristalino, fazendo com que haja uma menor convergência e com que a imagem formada depois da retina
P4	Presbiopia: causada pela redução da capacidade de contração do músculo ciliar (responsável por regular a espessura do cristalino), associada ao enrijecimento (esclerose) do cristalino que ocorre ao longo dos anos. Isso faz com que a imagem se forme atrás da retina e, assim, fica mais difícil ver objetos de perto. Correção: lente convexa ou convergente.
P5	Hipermetropia: caracterizada pela formação da imagem depois da retina, sendo causado pelo formato do olho ser mais achatado ou por hereditariedade
P6	Miopia: ocorre devido a um cristalino de olho muito convergente, com isso, a luz refratada é formada antes da retina, fazendo com que não sejam formadas imagens distantes nítidas.
P7	Presbiopia: chamado de “vista cansada” é causada pelo enrijecimento do cristalino. Isso então, faz com que haja dificuldade de enxergar de perto.
P8	Astigmatismo: pode ser causado por três diferentes razões: 1. Maior curvatura da córnea (mais pontiaguda); 2. Deslocamento do cristalino; 3. Mudança leve no índice de refração do cristalino (sendo um pouco maior). Todas essas razões geram mais pontos focais, distorcendo a imagem.
P9	Miopia: dificuldade de ver imagens dos objetos de longe nitidamente devido a formação do globo ocular que é mais alongado ou o cristalino ser muito convergente.
P10	Miopia: causada pelo alongamento do globo ocular ou ao cristalino muito convergente, logo a imagem é formada antes da retina. Por isso, é necessário corrigir o problema com lente divergente.
P11	Presbiopia: causada pelo endurecimento do cristalino e da dificuldade de contração dos músculos ópticos. Tal defeito pode ser solucionado por meio de lentes convergentes. A “vista cansada” impede que a pessoa que possui essa ametropia não tenha a facilidade de enxergar objetos próximos, forçando a visão para isso.
P12	Miopia: ametropia, na qual o cristalino é muito convergente e/ou o globo ocular é alongado. Desse modo, a imagem é formada antes da retina. Sendo assim, para a correção da miopia é necessária a utilização de lente divergente.
P13	Astigmatismo: pode ser causada pela curvatura acentuada da retina ou pela pouca diferença dos índices de refração da retina e do cristalino ou pelo desalinhamento da retina com o globo ocular, causando diversos focos de luz, formando múltiplas imagens, embaçando a visão, tanto perto quando longe.
P14	Hipermetropia: a causa pode ser o olho ser mais curto que o normal ou o cristalino ser muito divergente. Logo, a ametropia afeta a visão de objetos de perto, por isso, a correção seria feita com lentes convergentes.

Parte II: Avaliação Individual da sequência didática e do ensino mediado por modelo

**APÊNDICE P - TABELA REFERENTE À QUESTÃO 01 DO QUESTIONÁRIO PÓS-
ATIVIDADE - PARTE II**

Participantes	Questão 01: Cite quais partes são constituídos do olho humano
P1	Pupila, íris, retina, cristalino, cílios, córnea, nervo óptico, humor aquoso
P2	Córnea, pupila, íris, cristalino, nervo óptico, músculo ciliar.
P3	Córnea, pupila, íris, cristalino, retina, nervo óptico.
P4	Cristalino, pupila, córnea, retina, nervo óptico.
P5	Retina, cristalino, íris, pupila, córnea.
P6	Íris, retina, pupila, cílios, córnea, nervo óptico, cristalino.
P7	Cristalino, córnea, íris, pupila, retina, bastões e bastonetes, hímus óptico (humor aquoso)
P8	Íris, córnea, retina, cristalino, pupila, humor líquido(humor aquoso), músculo ciliar (não lembrou o nome), nervo óptico, cones e bastonetes
P9	Cristalino, retina, íris, pupila, nervo óptico.
P10	Globo ocular, cones, bastonetes, córnea, nervo óptico, íris, pupila, retina.
P11	Córnea, cristalino, pupila, íris, nervo óptico, retina, globo ocular.
P12	Córnea, pupila, íris, cristalino, retina, nervo óptico.
P13	Retina, íris, pupila, cones e bastonetes.
P14	Retina, nervo óptico, músculo ciliar, íris, pupila, cristalino, córnea

**APÊNDICE Q - TABELA REFERENTE À QUESTÃO 02 DO QUESTIONÁRIO PÓS-
ATIVIDADE - PARTE II**

Participantes	Questão 02: Explique as respectivas funções das partes do olho humano, citados no item anterior
P1	Pupila: entrada da luz Íris: controle da entrada da luz Retina: proteção do olho Cristalino: convergência da luz Cílios: proteção do olho Córnea: é a parte de dentro do olho Nervo óptico: levar as informações para o cérebro Humor aquoso: preenche o olho
P2	Córnea: Pupila: refração da imagem Íris: Cristalino: refração da imagem Nervo óptico: captação da imagem Músculo ciliar: refração da imagem
P3	Córnea: responsável pela proteção do olho Pupila: controlar a entrada de luz Íris: responsável pela cor Cristalino: é a lente, converge a luz Retina: responsável pela formação da imagem Nervo óptico:
P4	Cristalino: refração dos raios de luz Pupila: regular a entrada de luz Córnea: proteção da íris e pupila Retina: formação da imagem Nervo óptico: transmissão das informações da imagem para o cérebro
P5	Retina: é onde a imagem é formada Cristalino: capta os raios luminosos para a formação nítida da imagem Íris: da cor ao olho Pupila: permite a entrada de luz Córnea: serve para proteger o olho
P6	Íris: regular a entrada da luz Retina: formar a imagem Pupila: captar a luz Cílios: evitar corpos estranhos Córnea: Nervo óptico: Cristalino: convergir a luz recebida
P7	Cristalino: responsável pela convergência da luz para a retina Córnea: local de proteção dos olhos que recebe a luz Íris: local de cor do olho Pupila: local de encontro dos raios, além de controlar a entrada da luz Retina: local de foco dos raios solares Bastões e bastonetes: responsáveis pela visão das cores Hómus óptico (humor aquoso) :
P8	Íris: Córnea: captar a luz Retina: captar a imagem Cristalino: convergir a luz Pupila: controlar a entrada de luz Humor líquido (humor aquoso): preencher o olho Músculo ciliar (não lembrou o nome): Nervo óptico:

	Cones e bastonetes:
P9	Cristalino: convergir os raios de luz Retina: reflete a imagem formada Íris: Pupila: regula a luz que vai entrar no olho Nervo óptico: transferir a imagem para o cérebro
P10	Globo ocular: Cones, bastonetes: Córnea: proteção do olho Nervo óptico: leva a imagem formada até o cérebro Íris: Pupila: regula a entrada de luz Retina:
P11	Córnea: Cristalino: captação da luz Pupila: Íris: coloração Nervo óptico: comunicação nervosa Retina: formação de imagem Globo ocular:
P12	Córnea: responsável pela recepção dos raios luminosos Pupila: Íris: Cristalino: absorção da luz e formação de imagens Retina: proteção Nervo óptico:
P13	Retina: formar a imagem Íris: Pupila: captar a luz e controlar a entrada dela Cones e bastonetes: captar e divergir os espectros da luz
P14	Músculo ciliar: realizar o movimento do olho Íris: regular a entrada de luz no olho Pupila: regular a entrada de luz no olho Cristalino: permitir a entrada de luz Córnea: proteger o olho da parte externa

**APÊNDICE R - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 03 DO QUESTIONÁRIO
PÓS-ATIVIDADE - PARTE II**

Participantes	Questão 03: Você já havia vivenciado uma metodologia de ensino e aprendizagem com o uso de modelos? Justifique sua resposta
P1	Sim, uma árvore de sombra e experimentos de física e química.
P2	Sim, a construção de foguetes, mosquiteira entre outros.
P3	Não, nunca tive essa experiência.
P4	Sim, pois já havíamos feito uma atividade na aula de física e montei um modelo de ondas mecânicas.
P5	Não, nunca havia tido essa experiência.
P6	Sim, quando estudei circuitos e modelos atômicos.
P7	Não.
P8	Sim, na aula de química e na de física a partir de experimentos, como a criação de um modelo de pilha etc.
P9	Sim, construção de maquetes.
P10	Não que eu me lembre
P11	Sim, em laboratórios já criamos alavancas e outros modelos físicos.
P12	Sim, um exemplo disso é na aula de matemática, em que o professor, para explicar as formas geométricas, traz modelos de acrílicos para analisarmos.
P13	Não, pois para ametropias tínhamos estudado conceitos.
P14	Sim, já havia participado de atividades práticas.

**APÊNDICE S - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 04 DO QUESTIONÁRIO
PÓS-ATIVIDADE - PARTE II**

Participantes	Questão 04: Como você avalia os modelos didáticos construídos (processos de modelagem) pelos grupos no processo de ensino e aprendizagem das ametropias?
P1	Muitos bons e fácil de compreender.
P2	Os modelos foram muito bem desenvolvidos, seguindo a metodologia e apresentavam grande parte das estruturas do olho.
P3	Os modelos ficaram ótimos e super representativos, possibilitando o entendimento das diversas ametropias.
P4	Achei muito coerente com o que aprendemos nas aulas teóricas, muito bem montadas.
P5	Eu acho muito válidos, uma vez que nós interagimos com a matéria, permitindo que haja um maior aprendizado e ajudando na fixação do conteúdo.
P6	Foram processos extremamente favoráveis ao aprendizado.
P7	Desenvolveu a criatividade e incentiva o aprendizado para entender as configurações do olho humano, de forma prática.
P8	Foi uma aprendizagem extremamente construtiva, na qual foi possível concretizar o que aprendemos.
P9	Muito pertinentes para analisar as ametropias e os elementos do olho.
P10	Foi bastante produtivo e ajudou bastante no aprendizado.
P11	Ótima forma de aprendizado, além de incríveis resultados.
P12	Todos os modelos foram muito bons, creio que favoreceram bastante o aprendizado.
P13	Foi muito produtivo, pois pensamos em cada parte constituinte do olho e como a ametropia o afeta.
P14	Eu gostei dos 4 modelos apresentados e suas respectivas explicações.

**APÊNDICE T - QUADRO REFERENTE À QUESTÃO 05 DO QUESTIONÁRIO
PÓS-ATIVIDADE - PARTE II**

Participantes	Questão 05: Como você avalia a analogia estabelecida entre o olho humano e a máquina fotográfica analógica?
P1	É legal ver como as coisas estão interligadas e facilita o aprendizado.
P2	A analogia foi muito bem feita, desenvolvendo a percepção de estruturas semelhantes.
P3	Ambos são bastante semelhantes, possuindo funções bem parecidas que possibilitam a formação da imagem.
P4	Acho muito interessante e coerente com o que aprendemos nas aulas teóricas e na montagem dos modelos.
P5	Não acho muito eficaz no processo de aprendizagem.
P6	Estabelece mais sentido e base no aprendizado.
P7	Auxilia para entender o funcionamento do olho através de um objeto do dia a dia.
P8	Muito importante para compreendermos como a sociedade funciona, bem como o corpo humano, já que várias coisas perpassam analogias.
P9	Um exemplo muito pertinente para analisar a funcionalidade do olho humano.
P10	Foi positiva e ajuda ainda mais na compreensão da matéria.
P11	A analogia feita é de extrema importância, já que permite-nos perceber exemplos reais do funcionamento do olho.
P12	Ambos os materiais possuem funções semelhantes, mas com suas respectivas estruturas, sendo o olho humano mais complexo.
P13	A máquina fotográfica é um modelo do olho humano.
P14	A máquina foi feita inspirada no olho humano, porém a melhor máquina fotográfica ainda é o olho humano.

Parte III: **Avaliação Coletiva do grupo para a sequência didática e ensino mediado por modelos analógicos**

**APÊNDICE U - QUADRO REFERENTE A QUESTÃO 01 DO QUESTIONÁRIO
PÓS-ATIVIDADE - PARTE III**

Participantes	Questão 01: Em grupo elenquem os pontos positivos e negativos, respectivamente justificados, que foram percebidos e discutidos pelo grupo, durante o desenvolvimento das atividades de modelagem
P1	Positivos: mais fácil de compreender; criatividade. Negativos: pouco tempo.
P2	Positivos: melhor percepção, com análise do modelo das estruturas do olho. Negativos:
P3	Positivos: a modelagem foi super importante para o melhor entendimento do olho humano e das ametropias, pois a modelagem e a “mão na massa” aperfeiçoam o aprendizado. Negativos:
P4	Positivos: melhor cooperação de todos os participantes que se ajudaram; pensamos juntos. Negativos:
P5	Positivos: houve maior discussão do conteúdo, fazendo com que o conteúdo seja fixado de uma forma mais efetiva. Negativos:
P6	Positivos: Negativos: faltou discutir a função de cada elemento do olho.
P7	Positivos: desenvolvimento da criatividade; aprendizado efetivo; pesquisa que efetiva o estudo (auto aprendizado). Negativos: pressão para finalizar
P8	Positivos: participação; produtividade; aprendizado. Negativos:
P9	Positivos: pertinente para analisar os elementos. Negativos: falta de recursos materiais.
P10	Positivos: produzir o modelo foi bastante positivo, pois ajuda na compreensão. Negativos: construir um modelo com materiais improvisados, com outros materiais seria ainda melhor.
P11	Positivos: ótima forma prática de convívio em grupo; maior memorização; mais contato com o conteúdo. Negativos: pouco tempo de registro.
P12	Positivos: forma mais dinâmica para aprender; interação maior com o conteúdo. Negativos: faltou tempo.
P13	Positivos: houve o envolvimento de todos e maior aplicação dos conteúdos. Negativos:
P14	Positivos: colaboração de todos. Negativos: limitação de materiais.

**APÊNDICE V - TABELA REFERENTE A QUESTÃO 02 DO QUESTIONÁRIO PÓS-
ATIVIDADE - PARTE III**

Participantes	Questão 02: Qual(is) contribuição você pode mencionar para esta atividade didática seja mais efetiva para o ensino e aprendizagem de ametropias, na física
P1	Dar mais tempo aos alunos.
P2	Melhor percepção e compreensão da matéria dada.
P3	Que ela seja mais frequentes nas aulas para ajudar no aprendizado.
P4	Ela nos ajuda a compreender melhor a matéria, torna mais “palpável” o entendimento.
P5	Acho que a metodologia aplicada foi muito efetiva.
P6	Haver as peças já prontas para o grupo construir o modelo, para que este fique mais próximo do real e não falte detalhes importantes.
P7	Ao praticar de forma realmente ativa, a memorização realmente acontece.
P8	Antes da criação dos modelos deveria ter um tempo maior de pesquisa.
P9	Ter mais materiais a disposição.
P10	Essa atividade auxilia na compreensão das ametropias.
P11	
P12	Englobar mais matérias e conteúdo.
P13	Utilizá-los mais nas aulas e em outros conteúdos.
P14	Mais materiais deveriam ser oferecidos para a construção dos modelos.

ANEXO A - CENSO ESCOLAR 2019

CENSO ESCOLAR

Escolas estaduais e privadas têm recursos tecnológicos equivalentes no ensino médio; federais são as mais equipadas.

Publicado em 13/02/2020 13h40 Atualizado em 17/02/2020 11h27 (Disponível em: http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/escolas-estaduais-e-privadas-tem-recursos-tecnologicos-equivalentes-no-ensino-medio-federais-sao-as-mais-equipadas/21206)

Projeto multimídia, computadores de mesa e internet são alguns dos recursos tecnológicos ofertados em mais de 90% das escolas federais de ensino médio do país. É a rede mais bem equipada com dispositivos digitais, considerando todas as escolas dessa etapa do ensino. Porém, as federais têm uma participação pequena nesse grupo, correspondendo a apenas 2% das unidades de nível médio. O Censo Escolar, realizado anualmente pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), em parceria com estados, municípios e o Distrito Federal, apresenta um retrato dos principais recursos tecnológicos e de infraestrutura das escolas brasileiras.

A rede estadual é a mais numerosa no ensino médio (68,2% das unidades); a privada (29,1%) vem em seguida. De acordo com a pesquisa, há poucas diferenças nos recursos eletrônicos disponíveis para os estudantes que cursam ensino médio em escolas estaduais ou privadas.

RECURSOS TECNOLÓGICOS DISPONÍVEIS NAS ESCOLAS DE ENSINO MÉDIO - BRASIL - 2019



Fonte: Elaborado por DEED/Inep com base nos dados do Censo da Educação Básica.

A partir dos dados do Censo Escolar 2019, verifica-se que a rede municipal (0,7% das unidades de ensino médio) é a que tem mais dificuldade em ofertar não apenas recursos tecnológicos, mas também de infraestrutura e espaço, como biblioteca e laboratório de ciências. Salas de música e de artes também são raras nas escolas dos municípios.

Acessibilidade – O percentual de escolas estaduais que tem banheiro adaptado para alunos com deficiência ou mobilidade reduzida é de 62,9%. A proporção é menor na rede municipal, que tem o recurso em 57,4% das unidades, também em comparação à rede privada, que têm banheiros acessíveis em 71,8% das unidades. O censo também coletou dados sobre recursos de acessibilidade nas áreas internas de instituições escolares (corrimão, elevador, pisos táteis, vão livre, rampas, salas acessíveis, sinalização sonora, tátil ou visual), e cerca de 70% das escolas possuem um ou mais itens que facilitam a mobilidade.



Fonte: Elaborado por DEED/Inep com base nos dados do Censo da Educação Básica.

Nota: * Percentual de escolas que declarou possuir algum dos recursos de acessibilidade para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida nas vias de circulação internas (corrimão, elevador, pisos táteis, vão livre, rampas, salas acessíveis, sinalização sonora, tátil ou visual).

Resultados – Os dados do Censo Escolar 2019 estão publicados no portal do Inep em vários formatos. As notas estatísticas resumem os principais resultados, enquanto as sinopses estatísticas, por meio de tabelas, trazem dados desagregados por estado e município. Já o resumo técnico é um documento de referência geral e consulta rápida, que permite análises mais detalhadas.

Censo Escolar – O Censo Escolar da Educação Básica tem como data de referência a última quarta-feira do mês de maio no ano da pesquisa. Principal pesquisa estatística sobre a educação básica, a pesquisa é coordenada pelo Inep e realizada em regime de colaboração entre as secretarias estaduais e municipais de educação. Com a participação de todas as escolas públicas e privadas do país, abrange as diferentes etapas e modalidades da educação básica: regular, especial, profissional e educação de jovens e adultos.

Saiba mais sobre o Censo Escolar

Assessoria de Comunicação Social

Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/censo-escolar/escolas-estaduais-e-privadas-tem-recursos-tecnologicos-equivalentes-no-ensino-medio-federais-sao-as-mais-equipadas>, acesso em 18/03/2021.