



**CONSTRUINDO O CONCEITO DE REFRAÇÃO COM O USO DE UMA
PROPOSTA INVESTIGATIVA NO 3º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Evaldo Cunha Marques

Belém
Julho de 2020

**CONSTRUINDO O CONCEITO DE REFRAÇÃO COM O USO DE UMA
PROPOSTA INVESTIGATIVA NO 3º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Evaldo Cunha Marques

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

Orientadora:
Profª Dra. Silvana Perez

Coorientadora:
Profª Dra. Simone da Graça de Castro Fraiha

Belém
Julho de 2020



ATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO Mestrado NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA.

ATA DA 56ª SESSÃO DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado INTITULADA “CONSTRUINDO O CONCEITO DE REFRAÇÃO COM O USO DE UMA PROPOSTA INVESTIGATIVA NO 3º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL” PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENSINO FÍSICA, COMO DISPÕE O ARTIGO 33º DO REGIMENTO DO MNPEF, REALIZADA ÀS 09:00 HORAS DO DIA 24 DE JULHO DE 2020, VIRTUALMENTE, NA SALA DE REUNIÃO DO GOOGLE MEET, CUJO O LINK DE ACESSO FOI DISPONIBILIZADO A TODOS. A DISSERTAÇÃO FOI APRESENTADA DURANTE 40 MINUTOS PELO CANDIDATO **IVALDO CUNHA MARQUES**, MATRÍCULA Nº **201868870019**, DIANTE DA BANCA EXAMINADORA APROVADA PELA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, ASSIM CONSTITUÍDA: MEMBROS: **PROF. DR. SILVANA PEREZ (ORIENTADORA)**, **PROF. DR. MANOEL JANUÁRIO DA SILVA NETO (MEMBRO INTERNO)** E **PROF. DR. CARLOS ALBERTO BRITO DA SILVA JÚNIOR (MEMBRO EXTERNO)**. EM SEGUIDA, O CANDIDATO FOI SUBMETIDO À ARGÜIÇÃO, TENDO DEMONSTRADO PLENO CONHECIMENTO NO TEMA OBJETO DA DISSERTAÇÃO, HAVENDO À BANCA EXAMINADORA DECIDIDO PELA **APROVAÇÃO** DA MESMA, E QUE SE PROCEDA NO PRAZO MÁXIMO DE 30 DIAS A VERSÃO FINAL COM AS RECOMENDAÇÕES SUGERIDAS. PARA CONSTAR, FORAM LAVRADOS OS TERMOS DA PRESENTE ATA, QUE LIDA E APROVADA RECEBE A ASSINATURA DOS INTEGRANTES DA BANCA EXAMINADORA E DO CANDIDATO.

CANDIDATO:

Eivaldo Cunha Marques

BANCA EXAMINADORA:

Sil Perez

Profa. Dra. Silvana Perez
(Orientadora - MNPEF – UFPA)

Manoel Januário da Silva Neto

Prof. Dr. Manoel Januário da Silva Neto
(Membro Interno - MNPEF – UFPA)

Carlos Alberto Brito da Silva Júnior

Prof. Dr. Carlos Alberto Brito da Silva Júnior
(Membro Externo – UFPA)

**CONSTRUINDO O CONCEITO DE REFRAÇÃO COM O USO DE UMA PROPOSTA
INVESTIGATIVA NO 3º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL**

IVALDO CUNHA MARQUES

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA) em Ensino de Física no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

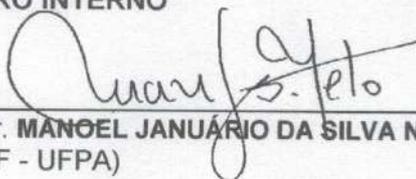
Aprovada por:

ORIENTADORA:



Prof. Dra. **SILVANA PEREZ**
(MNPEF – UFPA)

MEMBRO INTERNO



Prof. Dr. **MANOEL JANUÁRIO DA SILVA NETO**
(MNPEF - UFPA)

MEMBRO EXTERNO



Prof. Dr. **CARLOS ALBERTO BRITO DA SILVA JÚNIOR**
(UFPA)

Belém - PA
Julho - 2020



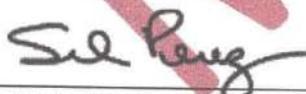
**PARECER DA BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO NACIONAL
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA.**

**TEMA: “CONSTRUINDO O CONCEITO DE REFRAÇÃO COM O USO DE UMA
PROPOSTA INVESTIGATIVA NO 3º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL”.**

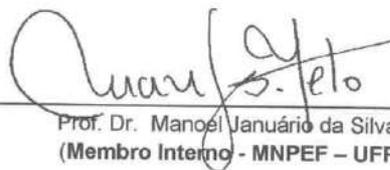
A Banca Examinadora composta pelos Professores: **Dra. Silvana Perez** (Orientadora), **Dr. Manoel Januário da Silva Neto** (Membro Interno) e **Dr. Carlos Alberto Brito da Silva Junior** (Membro Externo), consideram o candidato **IVALDO CUNHA MARQUES**.

APROVADO

Secretaria do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Pará, em 24 de julho de 2020.



Profa. Dra. Silvana Perez
(Orientadora - MNPEF – UFPA)



Prof. Dr. Manoel Januário da Silva Neto
(Membro Interno - MNPEF – UFPA)



Prof. Dr. Carlos Alberto Brito da Silva Júnior
(Membro Externo – UFPA)

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M357c Marques, Evaldo Cunha
Construindo o conceito de refração com o uso de uma proposta investigativa no 3º ano do ensino fundamental / Evaldo Cunha Marques. — 2020.
134 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Silvana Perez

Coorientador(a): Prof. Dr. Simone da Graça de Castro Fraiha

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Física, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

1. ensino por investigação. 2. refração. 3. ensino fundamental. 4. letramento científico. 5. BNCC.
I. Título.

CDD 530.071

Dedico esta dissertação, a toda a minha família, em especial a mulher da minha vida, minha esposa Thais Nara que sempre me incentivou nesta jornada de estudos e segurou a barra em casa, nos momentos em que estive ausente estudando, sempre me dizendo que esse sonho era possível, assim dando-me forças e determinação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS pela oportunidade de estar concluindo o curso e pela proteção que tenho recebido constantemente nas viagens solitárias nas estradas, aos meus companheiros de curso que muito me ajudaram nessa caminhada em especial ao Grupo G2 (André, Augusto, Junior, Aderson, Madison e Wendel) pelos trabalhos em parceria e apoio.

A esta instituição, UFPA, que me acolheu e me passou conhecimentos que levarei por toda minha vida. Agradeço a todos os professores que ministraram disciplinas e as orientadoras Professoras Dr^a. Simone da Graça de Castro Fraiha e Dr^a. Silvana Perez pela paciência e ensinamentos importantíssimos.

Agradeço também a professora Eliana Ramos, que contribuiu na construção do texto da situação Problematizadora.

A gestão da Escola Municipal de Ensino Fundamental Elza Maria Correa Dantas que se dispôs a colaborar para o bom andamento de nossa atividade.

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, a qual com boa vontade deu apoio financeiro para que pudéssemos tornar este sonho realidade.

RESUMO
CONSTRUINDO O CONCEITO DE REFRAÇÃO COM O USO DE UMA PROPOSTA
INVESTIGATIVA NO 3º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Evaldo Cunha Marques

Orientadora: Dra. Silvana Perez

Co-orientadora: Dra. Simone da Graça de Castro Fraiha

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

A sociedade atual exige que os indivíduos tenham a capacidade de compreender e interpretar o mundo à sua volta, e neste contexto o ensino fundamental tem a função de iniciar o desenvolvimento destas capacidades, em particular no ensino de ciências, possibilitando a tomada de decisões com base no letramento científico. O trabalho desenvolvido ao longo deste mestrado teve como objetivo geral contribuir para o desenvolvimento do letramento científico de alunos do terceiro ano do Ensino Fundamental de uma escola localizada no município de Garrafão do Norte, interior do estado do Pará, usando uma abordagem investigativa. Foram considerados na fundamentação teórica aspectos das teorias de Levi Vygotsky e Jean Piaget, conforme trabalhadas por pesquisadores da área de ensino de Ciências, como Ana Maria Pessoa de Carvalho, Andreia Zompero e Carlos Laburú. Além disso, a análise de indícios de letramento científico foi desenvolvida como propõem Lucia Sasseron e Vitor Machado. Na fundamentação dos conteúdos de física foi abordada a refração da luz em diferentes meios, e sua relação com fenômenos do cotidiano, em particular com a região de aplicação da proposta didática. Como documento normativo, a proposta se apoia na Base Nacional Comum Curricular, que enfatiza o ensino de ciências com papel fundamental para o letramento científico. A unidade didática utilizou como situação problema um texto de autoria própria, intitulado “O Sonho do Camaleão”, para iniciar as discussões e elaboração das hipóteses. No teste das mesmas, foram utilizados prismas caseiros e na sistematização dos dados uma simulação computacional do projeto *phet-colorado simulation* e o vídeo educativo “Show da Luna” com o episódio “O arco-íris”. A análise dos resultados foi desenvolvida a partir do material produzido pelos alunos na forma escrita e na fala dos alunos registrada em áudios e vídeos, quanto à evolução científica. Como produto educacional, foi desenvolvido um texto de apoio ao professor de Ciências, contendo a sequência didática investigativa desenvolvida, bem como sugestões de outras formas de explorar os conteúdos, dependendo da realidade regional do professor que for utilizar.

Palavras-chave: ensino por investigação, refração, ensino fundamental, letramento científico, BNCC.

Belém
Julho de 2020

ABSTRACT

BUILDING THE CONCEPT OF REFRACTION WITH THE USE OF AN INVESTIGATIVE PROPOSAL IN THE 3rd YEAR OF FUNDAMENTAL EDUCATION

Evaldo Cunha Marques

Advisor: Prof^ª. Dra. Silvana Perez

Co-advisor: Prof^ª. Dra. Simone da Graça de Castro Fraiha

Master's Dissertation submitted to the Physics Teaching Post-Graduation Program of the Federal University of Pará in the Professional Master's Degree Course in Physics Teaching (MNPEF), as part of the requirements needed to obtain a Master's Degree in Physics Teaching.

Today's society demands that individuals have the capacity to understand and interpret the world around them, and in this context, basic education has the function of initiating the development of these capacities, particularly in science education, enabling decision-making based on the scientific literacy. The work developed during this master's degree had the general objective of contributing to the development of the scientific literacy of students in the third year of elementary school at a school located in the municipality of Garrafão do Norte, in the interior of the state of Pará, using an investigative approach. Aspects of the theories of Levi Vygotsky and Jean Piaget were considered in the theoretical foundation, as worked on by researchers in the area of science education, such as Ana Maria Pessoa de Carvalho, Andreia Zompero and Carlos Laburú. In addition, the analysis of evidence of scientific literacy was developed as proposed by Lucia Sasseron and Vitor Machado. In the foundation of the physics content, the refraction of light in different media was addressed, and its relationship with everyday phenomena, in particular with the region of application of the didactic proposal. As a normative document, the proposal is based on the National Common Curricular Base, which emphasizes the teaching of sciences with a fundamental role for scientific literacy. The didactic unit used as a problem situation a text of its own authorship, entitled "The Dream of the Chameleon", to start the discussions and elaboration of the hypotheses. In testing them, homemade prisms were used and in the systematization of the data a computer simulation of the phet-colorado simulation project and the educational video "Show da Luna" with the episode "The rainbow". The analysis of the results was developed from the material produced by the students in written form and in the speech of the students recorded in audios and videos, regarding the scientific evolution. As an educational product, a support text for the Science teacher was developed, containing the investigative didactic sequence developed, as well as suggestions for other ways to explore the contents, depending on the regional reality of the teacher to be used.

Keywords: teaching by investigation, refraction, elementary education, scientific literacy, BNCC.

Belém

July de 2020

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação - 01	32
Equação - 02	34
Equação - 03	34
Equação - 04	34
Equação - 05	34
Equação - 06	34
Equação - 07	36
Equação - 08	36
Equação - 09	37
Equação - 10	38
Equação - 11	38
Equação - 12	38
Equação - 13	38
Equação - 14	38
Equação - 15	38
Equação - 16	39
Equação - 17	39
Equação - 18	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Organograma dos objetivos gerais do Ensino Fundamental, a divisão por área do conhecimento e os ciclos de ensino	26
Figura 2 – Sistema usado para gerar uma onda eletromagnética na região de ondas curtas ...	32
Figura 3- Representação da onda em função de um campo elétrico e magnético em ponto P	33
Figura 4- Representação do ângulo de reflexão e de refração.....	36
Figura 5- Representação corpuscular da refração.....	37
Figura 6- Efeito da descontinuidade normal.....	37
Figura 7- Explicação ondulatória da refração.....	38
Figura 8- Geometria do arco-íris	40
Figura 9- A reflexão no caso do arco-íris primário de secundário	41
Figura 10 - Localização do município de Garrafão do Norte no nordeste paraense	43
Figura 11- Escola Municipal onde a proposta didática foi aplicada.....	44
Figura 12 - Interior da Escola Municipal onde a propota didatica foi aplicada.....	45
Figura 13 - Salas de aula (vista externa).....	45
Figura 14 - Sala de aula (vista interna).....	46
Figura 15 - Materiais utilizados no desenho experimental 1	51
Figura 16 - Materiais utilizados no desenho experimental 2.....	53
Figura 17 - Simulador computacional Phet Simulation.....	54
Figura 18 - Alunos lendo o texto da situação problematizadora	56
Figura 19 - Pergunta do aluno sobre o arco-íris	56
Figura 20 – Pergunta feita por aluno após a leitura do texto.....	57
Figura 21 – Resposta do aluno sobre o texto.....	57
Figura 22 – Resposta do aluno ao questionamento: como o camaleão ficaria colorido.....	69
Figura 23 – Resposta do aluno, como o camaleão ficaria colorido.....	59
Figura 24 - Resposta do aluno, como o camaleão ficaria colorido.....	60
Figura 25 – Resposta do aluno, como o camaleão ficaria colorido	60
Figura 26 – Hipóteses do aluno sobre materiais necessário para a formação do arco-íris	62
Figura 27 - Hipóteses do aluno sobre materiais necessário para a formação do arco-íris.....	62
Figura 28 - Hipóteses do aluno sobre materiais necessário para a formação do arco-íris.....	63
Figura 29 - Hipóteses do aluno sobre materiais necessário para a formação do arco-íris.....	64
Figura 30 - Hipóteses do aluno sobre materiais necessário para a formação do arco-íris.....	64
Figura 31 – Motivo de aluno para a formação do arco-íris	68

Figura 32 - Motivo de aluno para a formação do arco-íris	68
Figura 33 - Motivo de aluno para a formação do arco-íris	69
Figura 34 – Previsões e observações do aluno no experimento 1	71
Figura 35 - Previsões e observações do aluno no experimento 1.....	71
Figura 36 - Previsões e observações do aluno no experimento 2 e conclusão.....	73
Figura 37 - Previsões e observações do aluno no experimento 2 e conclusão	73
Figura 38 - Professor aplicador exibindo o desenho	77
Figura 39- Desenho experimental do 2º dia	78
Figura 40- Desenho dos alunos.	80
Figura 41- Desenho dos alunos	81
Figura 42 - Desenho dos alunos	82
Figura 43 - Desenho dos alunos	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quantitativo de artigos por periódicos pesquisados.....	06
Quadro 2 – Texto da situação problematizadora	49
Quadro 3 – Fala dos alunos nos grupos sobre o item “c”.....	65
Quadro 4 – Fala na sistematização coletiva.....	74

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantitativo em porcentagem de artigos com e sem proposta didática.....	8
Gráfico 2 – Seleção das perguntas dos alunos agrupados por categoria	58
Gráfico 3 – Resposta dos alunos agrupados por categoria	61
Gráfico 4 – Resultado das previsões e observações após experimento 1	70
Gráfico 5 – Resultado das previsões e observações após experimento 2	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantitativo de artigos encontrados por periódicos por ordem crescente.....	7
Tabela 2 - Quantitativo de artigos agrupados por proposta didática e nível de ensino.	8
Tabela 3 – Situações que o Ensino de Ciências deve promover ao aluno.....	28
Tabela 4 – Competências específicas de ciências na natureza para o Ensino Fundamental	29
Tabela 5 – Resultado dos experimentos de Ptolomeu comparados com os valores corretos...35	
Tabela 6 – Turno e horários de funcionamento das escolas na cidade de Garrafão do Norte..	43

LISTA DE SIGLAS

a. C. – antes de Cristo

AC – Alfabetização Científica

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

C. F. B. – Ciências, Físicas e Biológicas

CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

d. C. – depois de Cristo

EF – Ensino Fundamental

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

LC – Letramento Científico

LDBEN – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

MEC – Ministério da Educação e Cultura

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN+ - Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

SAEB - Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica

SD – Sequência Didática

SEI – Sequência de Ensino Investigativo

UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

SUMÁRIO

Introdução.....	1
Capítulo 1 Levantamento Bibliográfico	6
Capítulo 2 Referencial Teórico.....	11
2.1 O Ensino de Ciências.....	11
2.2 Ensino por Investigação.....	13
2.3 O Papel do Letramento Científico	20
2.4 Os Parâmetros Curriculares Nacionais e a Base Nacional Comum Curricular	24
2.5 A construção do Conceito da Luz.....	31
2.5.1 Discutindo a refração.....	35
2.5.2 Formação do Arco-íris	39
Capítulo 3 Metodologia.....	42
3.1 Lócus da pesquisa.....	43
3.2 Descrição geral do processo de construção da proposta.....	47
3.3 Processo de análise do material coletado	48
Capítulo 4 A proposta investigativa desenvolvida e aplicada	49
Capítulo 5 Análise dos Resultados e Discussões	56
5.1 Situação Problematizadora	56
5.2 Problema e Hipóteses	62
5.3 Desenho experimental	71
5.4 Resultados e discussões	76
5.5 Sistematização Individual do conhecimento	81
Considerações Finais	86
Referências Bibliográficas.....	86
Apêndice - Produto Educacional	91

Introdução

A humanidade sempre teve a curiosidade em relação à compreensão da natureza e conforme foi conseguindo entender os fenômenos com ela relacionados, foi sofrendo alterações na sua rotina e modo de viver. Como descrito por Brockington, Siqueira e Pietrocola (2017), os avanços científicos fizeram com que surgissem aparelhos que mudaram comportamentos, ditaram regras e geraram expectativas e dúvidas. Não se pode ignorar os avanços e transformações sofridas pela ciência e pela sociedade a todo instante, sendo as duas transformadas e transformadoras.

Entretanto, embora a compreensão da natureza continuamente seja um desafio para os cientistas desde a pré-história até os dias de hoje, os métodos e procedimentos usados pelos estudiosos da ciência, bem como os conhecimentos científicos adquiridos ao longo da história da humanidade, não podem ficar restritos a este grupo, pois conforme pontua Sasseron (2015), a ciência e a sociedade não podem ser reconhecidas separadas uma da outra.

É importante, assim, encontrar maneiras de fazer com que o conhecimento científico seja acessível aos cidadãos em geral. Piassi, Gomes e Ramos (2017) assemelham a compreensão dos fatos da ciência à criação de uma peça teatral ou à composição de uma música, visto que a relação entre imaginação e criatividade se apresenta como um dos caminhos para discussão dos pontos de contato entre a Arte e a Ciência como produtos culturais.

Os autores utilizam exemplos de artistas que promovem este diálogo: na música, citando o cantor Gilberto Gil, com “Quanta”, abordando alguns aspectos da teoria quântica; na dança, citando o físico e dançarino Ramiro Murillo, que, em agosto de 2011, apresentou o espetáculo de dança solo intitulado “Ressonância”; na pintura, ressaltando alguns movimentos artísticos, como o cubismo; na escultura, como a “Transcicle” (2004) da artista plástica japonesa Mariko Mori; no teatro, com a peça teatral “A vida de Galileu” (1937-1939) de Bertolt Brecht; na literatura, em seus diversos gêneros, como poesia e prosa; e por fim, no cinema, que traz uma integração com as demais artes, como no caso dos filmes “Alien, Guerra nas estrelas” e “Matrix”, por exemplo.

A escola também desempenha um papel importante na divulgação dos conhecimentos desta cultura científica, promovendo a enculturação dos alunos, na busca por entender como os fenômenos ocorrem (SASSERON, 2015). No contexto brasileiro, as diretrizes nacionais na área educacional corroboram para este entendimento. Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), homologada em dezembro de 2017, tratando do ensino de ciências no Ensino Fundamental (EF), destaca a importância do Letramento Científico (LC):

A área de ciências da natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências (BRASIL, p. 319, 2017).

Apoiado neste documento, elaborou-se neste trabalho uma Sequência Didática (SD) com abordagem investigativa que buscou potencializar o desenvolvimento das capacidades associadas com o LC de alunos do terceiro ano do EF.

O tema escolhido foi à refração da luz, diretamente associada ao fenômeno da formação do arco-íris, que, enquanto fenômeno natural, sempre causa grande admiração, principalmente nas crianças, ao evidenciar o aparecimento de várias cores do espectro de luz, em uma configuração visualmente muito bonita. Para Azevedo e Abib (2018), as crianças não operam com os nexos conceituais que compõem o núcleo do conceito de refração da luz para explicar a formação do arco-íris, mas sim com elementos que na aparência se assemelham a esse conceito ou a esse significado.

Além disso, a própria BNCC (BRASIL, 2017) na unidade temática matéria e energia, aborda o efeito da luz nos materiais, sendo as habilidades esperadas após o estudo desta unidade:

Experimental e relatar o que ocorre com a passagem da luz através de objetos transparentes (copos, janelas de vidro, lentes prismas, água e etc.), no contato com superfícies polidas (espelhos) e na intersecção com objetos opacos (paredes, pratos, pessoas e outros objetos de uso cotidiano) (BRASIL, p. 337, 2017).

Para alcançar tais habilidades, a abordagem didática de ensino por investigação tem alcançado bons resultados (CARVALHO et al, 2018). Conforme afirmam Azevedo e Abib (2018), pode-se traçar alguns objetivos relacionados com o seu uso, especificamente considerando o conceito físico escolhido nesta dissertação:

Incentivar a investigação e a observação do que acontece ao redor; incentivar a observação de um fenômeno nunca antes pensado pelas crianças; introduzir o estudo das cores a partir da beleza do arco-íris; criar situações reais de escrita e de leitura para garantir a alfabetização e o letramento e introduzir o conceito científico da decomposição da luz branca do sol ao entrar e sair de uma gota d'água, formando as cores do arco-íris (AZEVEDO e ABIB, p. 10, 2018).

Os alunos que estão na etapa do ensino formal considerada neste trabalho tem em média entre oito e nove anos de idade estando em geral, portanto, segundo Piaget, no nível operacional concreto. Em sua teoria cognitiva, Piaget identificou os seguintes estágios característicos do desenvolvimento infantil, assim descritos de acordo com Nogueira e Leal (2012):

Estágio sensório-motor (de 0 a 2 anos, aproximadamente), são apenas os reflexos hereditários e instintivos que possuem a função de satisfazer o impulso básico de nutrição; Estágio pré-operatório (dos 2 aos 7 anos, aproximadamente), nesta etapa as mudanças de conduta são profundas, tanto intelectuais quanto afetivas; Estágio

operacional concreto (dos 7 aos 11 ou 12 anos, aproximadamente), é marcada por uma etapa decisiva de avanços mentais para as crianças, pois se inicia uma fase ininterrupta de novas construções; Estágio operacional formal (dos 12 anos em diante), período marcado pelo início da adolescência, um novo salto de qualidade acontece no desenvolvimento cognitivo do sujeito.

No estágio operacional concreto, a criança passa a ser capaz de estabelecer relações entre as transformações dos estados e das coisas, de modo que as ações podem ser executadas mentalmente em um determinado momento, com capacidade de prever a reversibilidade operatória, ou seja, supor a operação inversa, como descreve Nogueira e Leal (2012).

Vale a pena salientar que nos anos iniciais no EF o trabalho é desempenhado por um professor unidocente, ou seja, o professor nesta etapa ministra sozinho todos os conteúdos, e a sua formação é em pedagogia ou apenas em magistério a nível médio, sem a qualificação necessária para o estudo dos fenômenos ocorridos com a luz, em especial a refração.

Assim, a SD com abordagem investigativa aqui apresentada visou contribuir com o LC dos estudantes, em sintonia com os anseios da BNCC, auxiliando os docentes a alcançar os objetivos traçados pelo documento nacional, que relata que o ensino de ciências deve promover aos alunos situações nas quais eles possam: definir problemas; levantar, analisar e representar hipóteses; comunicar dados e elaborar intervenções. Cañal (2012), agrupa esta evolução em quatro dimensões: conceitual, metodológica, atitudinal e integrada, associadas com a competência científica, conforme apresentada no PISA (2006):

Um indivíduo com competência científica reúne habilidades para usar o conhecimento científico para os seguintes propósitos: i) Descrever, explicar e prever fenômenos naturais; ii) Compreender as características da ciência; iii) Identificar, formular e investigar problemas e hipóteses; iv) Use evidências, documente, discuta e tome decisões pessoais e sobre o mundo natural e as mudanças que a atividade humana gera nele e v) mostram disposição de se envolver em questões de tecnociência e se envolver com idéias científicas como cidadão atencioso (PISA, 2006).

Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho foi colaborar com o LC dos alunos do terceiro ano do EF - anos iniciais - na compreensão dos fenômenos relativos aos efeitos da luz nos materiais, em particular, por meio da refração, utilizando uma proposta didática com abordagem investigativa. Para alcançar o objetivo geral, traçamos os seguintes objetivos específicos de aprendizagem:

- 1 – Potencializar o desenvolvimento de competência científica, em suas dimensões procedimentais e atitudinais;
- 2 – Potencializar o entendimento da natureza das ciências;
- 3 – Potencializar o desenvolvimento da competência científica em sua dimensão conceitual, em particular associadas com a formação do arco-íris e a decomposição da luz branca;

Para alcançar os objetivos acima, foi proposto:

a – Desenvolver, aplicar e analisar uma proposta didática investigativa com estudantes do EF;

b – Trabalhar de forma investigativa os conceitos de refração da luz e decomposição da luz branca;

c – Produzir, como produto educacional, um texto de apoio ao professor, no qual são apresentados aspectos do ensino por investigação, conceitos físicos associados com a refração e decomposição da luz branca, e a SD desenvolvida.

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos, considerações finais e o produto educacional no apêndice. O levantamento bibliográfico é apresentado no primeiro capítulo trazendo uma pesquisa em seis periódicos nacionais mais a plataforma Scielo (*Scientific Electronic Library Online*) no período de 2015-2019, de trabalhos que abordam a refração da luz, decomposição da luz branca ou arco-íris, com enfoque em propostas didáticas.

O segundo capítulo apresenta o referencial teórico, abordando o ensino por investigação na visão de alguns autores como Carvalho et al. (2009), Carvalho (2014), Carvalho et al. (2018), Zompero e Laburú (2016) e Santos (2007), suas vantagens e sua importância para o LC, como o que relatam os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e a BNCC sobre o ensino de ciências e seu papel na promoção do LC, analisando-a com os indicadores de Alfabetização Científica (AC) propostos por Sasseron (2015) e Sasseron e Souza (2017). Em seguida, traz a construção do conceito de luz ao longo do tempo, o fenômeno da refração da luz e a compreensão da formação do arco-íris.

A Metodologia é apresentada no terceiro capítulo, onde consta o lócus da pesquisa (localização geográfica, Índice de Desenvolvimento Humano do município e Índice de Desenvolvimento da Educação Básica), bem como os aspectos metodológicos utilizados, e os recursos que foram explorados na composição desta pesquisa. Já no quarto capítulo é apresentada a SD desenvolvida.

O quinto capítulo é composto pela apresentação dos resultados e sua discussão, analisando os materiais coletados (vídeos, áudios e escritos) a partir da produção dos alunos, verificando por meio dos Indicadores de Alfabetização Científica de Sasseron (2015) e Sasseron e Souza (2017), o desempenho dos discentes e a eficiência da proposta investigativa.

Nas considerações finais são expostos, com base nos resultados e experiências vividas em sala de aula, os comentários e observações encontradas ao longo deste trabalho e as possíveis melhorias e aplicações futuras.

No apêndice pode ser encontrado o Produto Educacional, contendo o texto de apoio ao professor, com alguns aspectos teóricos e a descrição da sequência didática, bem como sugestões de outras formas de explorar os conteúdos trabalhados, observando a necessidade regional de cada docente.

Capítulo 1

Levantamento Bibliográfico

Neste capítulo discutiremos as publicações sobre o tema refração da luz que contemplem atividades investigativas, a partir de um levantamento bibliográfico de trabalhos já publicados em algumas revistas de ensino de Ciências e de ensino de Física no Brasil nos últimos cinco anos (2015-2019). Este estudo preliminar nos propiciou construir um panorama das pesquisas mais atualizadas realizadas na área das Ciências da Natureza, servindo de base para planejar a proposta didática.

A construção da revisão da literatura se deu em revistas especializadas, abrangendo somente trabalhos produzidos em língua portuguesa. Primeiramente, iniciamos a pesquisa na plataforma de dados SCIELO usando a ferramenta de busca avançada no item título de artigos com as seguintes palavras-chave: “refração da luz”, “decomposição da luz branca” e “arco-íris”. A escolha das palavras-chave ocorreu a partir da leitura da BNCC direcionada para o 3º ano do EF para os anos iniciais sobre o ensino de ciências, com ênfase na Unidade Temática Matéria e Energia, que contempla a habilidade número 2 do terceiro ano do EF anos iniciais.

Nesta perspectiva, foram encontrados cinco trabalhos que traziam uma ou mais palavras-chave, sendo três voltados para o ensino superior, um para o ensino médio e um para o EF anos iniciais, porém apenas este último trazia atividade investigativa na metodologia aplicada, que visava analisar a linguagem como ferramenta para o ensino e aprendizagem (AZEVEDO E ABIB, 2018).

Em seguida, alteramos a busca, englobando artigos em periódicos nacionais nos quais tivemos mais familiaridade no decorrer do curso do mestrado, classificados como A1, A2, B1 e B2 no Qualis 2013-2016 da Capes na área de Ensino, apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Quantitativo de artigos por periódicos pesquisados.

Qualis	Periódico	Quantidade de publicações (2015-2019)
A1	Revista Brasileira de Ensino de Física	555
A2	Investigações em Ensino de Ciências	184
	Caderno Brasileiro em ensino de Física	235

	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	173
B1	Experiências em Ensino de Ciências	399
B2	Física na Escola	91
Total		1637

Fonte: Os autores (2020)

Durante o segundo levantamento, realizamos uma leitura dos sumários, palavras-chave e resumo buscando trabalhos que tratassem do conteúdo de refração da luz, decomposição da luz branca ou arco-íris, para a seguir, nas pesquisas que tratavam alguns dos referidos temas, efetivar um aprofundamento nas metodologias aplicadas, averiguando quais artigos assemelhavam-se ao proposto nesta dissertação, finalmente obtemos 07 artigos. Quando comparados à quantidade de trabalho publicados nos últimos cinco anos, eles representam apenas 0,42% do total, o que pode ser considerada uma quantidade inexpressiva. O somatório dos artigos publicados, encontrados por periódicos sobre o tema em análise, se encontra na Tabela 1 organizados de forma crescente.

Tabela 1 - Quantitativo de artigos encontrados por periódicos por ordem crescente (2015-2019).

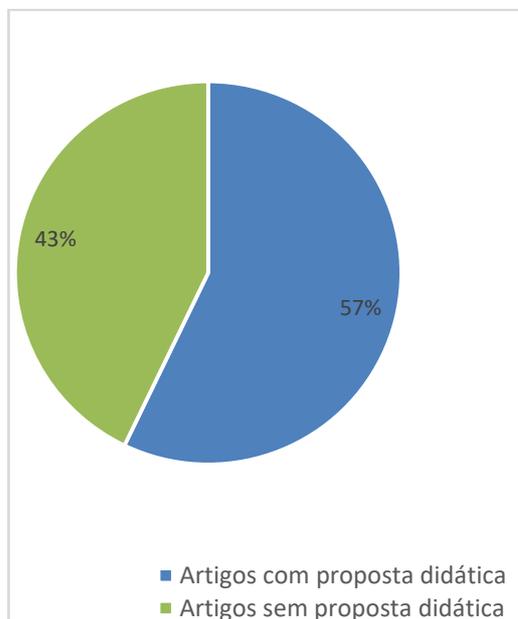
Periódico	Auto / Ano	Número	%
Investigação em Ensino de Ciências	xxxxxxx	0	0
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	xxxxxxx	0	0
Física na Escola	Soga, Kohatsu e Muramatsu (2018)	1	14,3
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	Rodrigues e Afonso (2015)	1	14,3
Revista Brasileira de Ensino de Física	Junior e Jesus (2017) Martinho e Soares (2017)	2	28,6
Experiências em Ensino de Ciências	Teixeira, Xavier e Damásio (2017) Brito e Fireman (2018) Vieira et al (2018)	3	42,8
Total		7	100

Fonte: Os autores (2020)

Levando em consideração os trabalhos encontrados, buscamos classificá-los em trabalhos que apresentam proposta didática para o ensino dos conceitos de refração e os que

não utilizam proposta didática. Assim, no Gráfico 1 pode-se verificar que 57% (n= 4) dos trabalhos apresentam proposta didática e 43% (n= 3) não apresentam proposta didática, apenas sugestões de trabalho ou elaboração de material experimental.

Gráfico 1: Quantitativo em porcentagem de artigos com e sem proposta didática.



Fonte: Os autores (2020)

Em relação às propostas didáticas apresentadas, um trabalho utilizou uma visita a um espaço não formal - seção de ótica de um museu de ciência - com alunos do ensino médio; outra apresentou uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), característica da teoria da Aprendizagem Significativa na sequência de ensino, sendo aplicada com alunos do EF II e médio. Em seguida, o próximo trabalho teve como proposta metodológica a utilização de experimentos, que se deu no EF II e último trabalho trouxe como metodologia uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI), aplicada no EF I. A tabela 2 apresenta um resumo do material encontrado, com os respectivos níveis de ensino.

Tabela 2 – Quantitativo de artigos agrupados por proposta didática e nível de ensino.

Proposta didática	Nível de ensino	Quantidade
Uso de espaço não formal	Ensino Médio	1
UEPS	EF II e ensino Médio	1
Utilização de experimentos	EF II	1
SEI	EF I	1
Total		4

Fonte: Os autores (2020)

A temática metodológica de cada trabalho apresentado na Tabela 2, será descrita nos parágrafos a seguir.

Uso de espaço não formal: Rodrigues e Afonso (2015) analisaram a natureza das interações verbais durante visitas de estudo à seção de ótica de um museu de ciência, visando a natureza dos diálogos entre pares, revelando de que forma os alunos processam a informação, e qual a influência no envolvimento dos alunos quando se verifica a participação de educadores em ciências nas interações, sejam monitores ou professores. Ressaltamos que a visita se deu após a apresentação teórica dos conteúdos em sala de aula.

Construção de UEPS: Teixeira, Xavier e Damásio (2017) utilizaram a análise de uma série de ficção científica, que abordava entre outros conceitos os de reflexão e refração da luz, com os seguintes objetivos: apresentar o universo científico de Jornada nas Estrelas por meio da discussão dos conceitos de ciência, desconstruir a visão racionalista da ciência apresentada na série, avaliar o projeto por meio de diários de bordo e grupos focais para identificar indícios de evolução crítica e aprendizagem significativa dos alunos. A metodologia foi dividida em seis etapas, desenvolvidas em clube de astronomia com alunos do EF II e ensino médio.

Utilização de experimentos: Vieira et al (2018) trazem o relato das experiências desenvolvidas no Estágio Supervisionado do Curso de Ciências Naturais da Universidade do Estado do Pará, em turmas do EF II, que tinham como objetivo propor um experimento com materiais de baixo custo que auxiliassem no processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de óptica. A pesquisa foi desenvolvida em uma escola pública da cidade de Marabá/PA.

Construção de SEI: Brito e Fireman (2018) analisaram uma SEI denominada “De onde vem o arco-íris?”, planejada e implementada com alunos do 5º ano do EF I, com o objetivo de exemplificar como o ensino de Ciências por investigação possibilita o ensino e a aprendizagem dos conteúdos desse componente curricular para além de conteúdos conceituais, permitindo, também, entendimentos sobre processos de construções do conhecimento científico sob três dimensões: ensinar Ciências, fazer Ciências e aprender sobre Ciências.

Essa abordagem metodológica é defendida por Carvalho et al (2009), pois enfatiza a iniciativa do aluno, porque cria oportunidade para que ele defenda suas ideias com segurança e aprenda a respeitar as ideias dos colegas. Este último artigo também está na perspectiva da BNCC (BRASIL, 2017), sobre a concepção da ciência, que assim discorre, aprender ciência não a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre mundo, importante ao exercício pleno da cidadania.

Dessa forma, em suas conclusões Brito e Fireman (2018) afirmam que o ensino por investigação permite ao professor dimensões que de uma forma global e inter-relacionada possibilitam o docente planejar o conteúdo em uma dinâmica que leva em consideração o “aprender Ciências”, o “aprender a fazer Ciências” e o “Aprender sobre Ciência”. Ainda respondem ao questionamento “O que se aprende de conteúdo concreto de ciências neste ensino por investigação?”, relatando que são aprendidos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais que traduzidos em objetivos específicos da área de Ciências, de forma sistêmica, possibilitam a aprendizagem de conceitos, teorias e termos científicos, a compreensão dos procedimentos da ciência e o entendimento da relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

A utilização do ensino por investigação também é reforçada por Azevedo e Abib (2018), sinalizando que o professor é mediador da aprendizagem de conhecimentos físicos, em particular a formação do arco-íris, com a criação de diferenciados contextos de aprendizagem linguísticos e não linguísticos. Ainda sobre os processos investigativos os autores apontam para a construção de padrões de diálogo não triádicos, com perguntas autênticas proferidas não apenas pela professora, mas principalmente pelas crianças; a valorização da linguagem espontânea ou natural das crianças, na tentativa de se estabelecer pontes entre essa linguagem e a científica.

No próximo capítulo, discutiremos o referencial teórico que nos embasou para desenvolvimento desse trabalho.

Capítulo 2

Referencial Teórico

Neste capítulo serão apresentados os suportes teóricos que embasaram este trabalho, começando pelos aspectos gerais relacionados com o ensino de ciências, para a seguir discutir a função e objetivos da abordagem de ensino de ciências por investigação, seguido dos processos e indicadores de AC. Depois, a legislação e os parâmetros que regem e orientam a educação no país são revisitados, bem como a conceituação do conteúdo de ciências (física) que foi abordado na proposta didática desenvolvida. Estes estudos nortearam a elaboração e a avaliação da SD aqui apresentada. Para melhor leitura e compreensão do texto, optamos em nomear “ensino de ciências” a toda manifestação que voltasse ao ensino de Ciências Naturais (física, biologia e química).

2.1 O Ensino de Ciências

As ideias acerca dos fenômenos naturais, da explicação de certos acontecimentos ou formulação de estruturas, sempre mexeram com a curiosidade humana, que ao longo do tempo vem elaborando explicações, leis e respostas, na construção do que chamamos de Ciências. Assim, descrito por Delizoicov e Angotti (2000), entende-se Ciências como:

Uma investigação humana, sem fim e que nunca acaba, construída por equipes de investigadores sintonizadas com sua época, em permanente contato e intercâmbio de informações; É um empreendimento cujo desenvolvimento não é linear: apresenta contradições, não é guiado exclusivamente pela indução e pela experimentação.

Neste processo de construção, as mudanças nas concepções científicas sobre o comportamento da natureza sempre causaram discórdias e confrontos entre aqueles que elaboravam novas explicações (teorias) e aqueles que hesitavam em aceitá-las. Delizoicov e Angotti (2000) exemplificam este comportamento falando da mudança do modelo planetário geocêntrico para o heliocêntrico, e discorrem ainda que essas rupturas são frequentemente denominadas “revoluções científicas”, nas quais certas teorias são substituídas e uma nova visão de mundo obrigatoriamente emerge. Neste movimento, a natureza passa a ser compreendida sobre a ótica de novos padrões.

Participando diretamente ou não da construção deste conhecimento, todas as pessoas - mesmo aquelas residentes nos locais mais distantes dos centros urbanos - são impactadas com as descobertas da ciência, por exemplo, na utilização da eletricidade, telefone ou outros aparelhos mais simples e, dessa forma, a ciência e os resultados de suas aplicações

tecnológicas permeiam a nossa vida, interferindo diretamente nos processos sociais (DELIZOICOV e ANGOTTI, 2000).

Nesta perspectiva, especificamente tratando dos objetivos da educação no que tange a formação do cidadão, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009) enfatiza que um mínimo de formação básica em ciências deve ser desenvolvido, de modo a fornecer aos estudantes instrumentos que possibilitem uma melhor compreensão da sociedade em que vivemos. Daí a necessidade das ciências como disciplina na formação de futuros cidadãos letrados cientificamente.

Vale ressaltar que para alcançar os objetivos acima apresentados, o ensino de ciências não deve ser ministrado como uma simples transmissão de conhecimento, que se dá de forma mecânica. Assim, Delizoicov e Angotti (2000) destacam algumas habilidades que são essenciais no ensino de ciências para a formação do cidadão.

Observação – habilidade que, em Ciências, transcende muito o simples olhar ou registro de um fenômeno ou evento. Inclui uma certa sistemática, com separação de variáveis relevantes, medidas adequadas com instrumentos que respondem a uma certa precisão (não exatidão);

Classificação – habilidade que localiza um fenômeno estudado segundo a sua semelhança e diferença com outros, já mais conhecidos;

Registro e tomada de dados, construção de tabelas – prática que ajuda a organizar os trabalhos, a detecção de regularidades e anomalias dos fenômenos, confirmação de conjeturas ou hipótese lançadas, generalização, na busca de leis e mesmo teorias;

Análise – habilidade que se adquire ao se trabalhar os dados na solução de problemas e questões, no aprofundamento da reflexão sobre o comportamento do objeto de estudo, numa autêntica dissecação objetiva dos elementos relevantes de um processo, apoiada em modelos, leis e teorias que vem sendo formuladas pela ciência;

Síntese – habilidade final de um projeto, que nem sempre é alcançada no ensino introdutório de Ciências. Em geral, sínteses são conseguidas por um estudo mais aprofundado de um campo de conhecimento científico, o que ocorre mais frequentemente no ensino superior;

Aplicação – habilidade que culmina o processo de apreensão do conhecimento, pois pode ser usada com um instrumento de leitura para reinterpretar o mundo. (DELIZOICOV e ANGOTTI, p. 47-47, 2000).

Na perspectiva do PISA (2012), um indivíduo precisa se desenvolver na competência científica, de tal forma que seja capaz de identificar questões científicas, explicar fenômenos cientificamente e utilizar evidências científicas. Ainda de acordo com PISA (2012), a prática do ensino de ciências está ligado diretamente com as habilidades cognitivas, tais como: i) raciocínio indutivo; ii) raciocínio dedutivo; iii) pensamento sistêmico; iv) transformação de informações; v) construção e comunicação de explicações e argumentos baseados em dados; vi) raciocínio em termos de modelos; e vii) utilização de processos, conhecimentos e habilidades matemáticas.

Estas habilidades destacadas no documento são fundamentais para o desenvolvimento da ciência; elas fazem parte dos processos de investigação utilizados pelos cientistas e que

serão expostas nos tópicos a seguir, que tratam do ensino por investigação como abordagem didática para o ensino de ciências.

2.2 Ensino por Investigação

O ensino de ciências nas instituições de educação formal sofreu várias mudanças, mais especificamente a partir da metade do século XIX, acompanhando algumas ideias de cada época. Para explicar este movimento, Zompero e Laburú (2016) utilizam o termo tendências, ou seja, o ensino de ciências apresentou diferentes objetivos em razão de certas tendências, que sempre acompanharam as mudanças e as necessidades da sociedade de diferentes épocas, relacionadas a aspectos políticos, históricos e filosóficos.

Este processo de mudança na forma de ensinar ciências demorou a chegar ao Brasil, mas teve sua influência em países da Europa e nos Estados Unidos. De acordo com Zompero e Laburú (2016) uma das tendências que modificou a forma de ensinar ciências foi à abordagem do ensino por investigação, do inglês *inquiry*, que teve grande contribuição do filósofo e pedagogo americano John Dewey.

Segundo Pereira et al. (2009), John Dewey propõe que a aprendizagem seja instigada por meio de problemas ou situações que procurem de uma forma intencional gerar dúvidas, desequilíbrios ou perturbações intelectuais, rompendo com o tradicionalismo. Provocar essa “perturbação intelectual” ou problematização, ainda de acordo com Pereira et al. (2009), requer do professor uma mudança de postura para o exercício do trabalho reflexivo com o aluno. Essa forma de conceber a ciência através do ensino por investigação possibilita o raciocínio e estimula as habilidades cognitivas dos alunos, bem como a cooperação entre os estudantes, visto que o mais adequado para trabalhar o ensino por investigação é em grupo, onde os alunos têm condições de se desenvolver potencialmente em termos de conhecimento e habilidades com a orientação de seus colegas (CARVALHO et al. 2018).

Os trabalhos de Dewey contribuíram para avanços nas metodologias principalmente a partir da década de 1970, pois, como defendia a relação do diálogo entre professor e aluno, sendo contrário ao autoritarismo tradicional, a sua ideia progressista sugeria um pensamento liberal e a valorização da experiência cotidiana e o trabalho em grupo (PEREIRA, 2009). Nesse sentido, é possível construir uma relação entre a pedagogia de Dewey e os trabalhos de Vygotsky, que também defende elementos sociais na aprendizagem (WONG e PUGH, 2001 apud ZOMPERO e LABURÚ, 2016).

O termo *inquiry* ao longo dos tempos recebeu diversas nomenclaturas, como descreve Zompero e Laburú (2016), em português sendo nomeado como ensino por descoberta,

aprendizagem por projetos, questionamentos, resolução de problemas, dentre outros. Neste trabalho, visamos construir uma proposta investigativa, onde usaremos o termo ensino por investigação para tratar do processo de construção do conhecimento através da investigação de um problema do cotidiano do aluno, utilizando sempre como ponto de partida o que o discente já dispõe em sua estrutura cognitiva, ou seja, dos seus conhecimentos prévios.

Para Moreira (2009 e 2016), uma das condições para ocorrência de aprendizagem com significado é que o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não-literal, tratando acerca do material utilizado em sala de aula. O autor ainda destaca outro ponto importante para o desenvolvimento cognitivo do aluno. No que se refere à natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos subsunçores específicos, com os quais o novo material é relacionável (MOREIRA, p. 11, 2009 e 2016).

As séries iniciais do EF são o local ideal para trabalhar com ensino por investigação, pois embora seja possível desenvolver essa prática em outros momentos da educação formal, na etapa inicial os alunos tem o primeiro contato com a escola e em particular com ensino de ciências e os seus processos de ensino tendo, assim, papel fundamental para a sequência de aprendizagem, como discorre Carvalho et al (2009):

É nessa etapa que os alunos têm contato, pela primeira vez em uma situação de ensino, com certos conceitos científicos, e muito da aprendizagem subsequente em Ciências vai depender desse início. Se esse primeiro contato for agradável, se fizer sentido para as crianças, elas gostarão de Ciências e a probabilidade de serem bons alunos nos anos posteriores será maior (CARVALHO et al, 2009).

Se esse primeiro contato com a ciência for desagradável, trazendo apenas um trabalho de memorização, será muito difícil que esse educando consiga ao longo de sua vida escolar amenizar essa frustração.

Para que o primeiro momento do aluno com os processos de ensino, e em particular com o ensino de ciências, seja prazeroso e estimule a busca por conhecimento, o professor desempenha papel importante, como comenta Carvalho et al (2009):

O trabalho do professor deve direcionar-se totalmente para a aprendizagem dos alunos. Não existe um trabalho de ensino se os alunos não aprendem. É necessário que o professor tenha consciência de que sua ação durante o ensino é responsável pela ação do aluno no processo de aprendizagem (CARVALHO et al, p. 10, 2009).

Essa tomada de consciência pelo professor é muito importante para o bom desenvolvimento dos discentes no processo de ensino aprendizagem, visto que o ensino deve potencializar a aprendizagem. Em crianças pequenas, conceitos são adquiridos, principalmente, através do processo de formação de conceitos, o qual é um tipo de aprendizagem por descoberta, envolvendo geração e testagem de hipóteses bem como

generalizações, a partir de instâncias específicas (MOREIRA, 2009 e 2016). Para isso ocorrer, o docente deve observar alguns pontos, que Carvalho et al. (2009) chamam de aspectos:

- Reconhecer o papel que desempenha a escolha do conteúdo no ensino e na aprendizagem das ciências;
- Reconhecer a existência de concepções espontâneas;
- Saber que os conhecimentos são respostas a questões;
- Conhecer o caráter social da construção do conhecimento científico.

Observando tais aspectos, os docentes tem a oportunidade de conceber o ensino de ciências aproximando dos conhecimentos científicos. Sendo assim, a ciência abordada em sala de aula precisa ser mais que uma lista de conteúdos disciplinares e deve permitir também o envolvimento dos alunos com características próprias do fazer da comunidade científica. Sasseron et al. (2018) consideram os pontos a serem observados do fazer científico como sendo a investigação, as interações discursivas e a divulgação das ideias.

Pensando em investigação, a mesma pode ocorrer de diversas formas, dependendo das condições disponíveis e as especificidades do que se investiga. Sasseron et al. (2018) afirmam que toda investigação científica deve envolver um problema, o trabalho com dados, informações e conhecimentos já existentes, o levantamento e o teste de hipóteses, o reconhecimento de variáveis e o controle destas, o estabelecimento de relações entre as informações e a construção de uma explicação. Porém, outros autores relatam que a elaboração de hipóteses não é necessariamente uma regra, projetos experimentais tradicionais normalmente incluem uma hipótese formalmente declarada, mas isso não é necessário ou típico de outros projetos (por exemplo, descritivo e correlacional) (LEDERMAN et al, 2019, p. 5, tradução nossa)¹, referindo-se à investigação científica.

Para Hudson (1992) Apud Carvalho (2014), os estudantes desenvolvem uma melhor compreensão dos conteúdos quando tem a oportunidade de investigá-lo. Dessa forma, o aluno é levado a pensar e agir nos processos investigativos partindo de uma linguagem coloquial para uma linguagem científica e chegando à linguagem matemática, assim conseguindo entender a natureza das ciências.

Na elaboração de uma investigação em sala de aula, deve-se ter em mente que não existe pretensão de dizer que os alunos vão pensar ou se comportar como cientistas, pois eles não têm nem idade, nem conhecimentos específicos e nem desenvoltura no uso das

¹“Traditional experimental designs typically include a formally stated hypothesis, but this is not necessary or typical of other designs (e.g. descriptive and correlational)”.

ferramentas científicas para tanto (CARVALHO, 2018). Assim, as autoras propõem atividades investigativas baseadas no que denominam SEI, que são um conjunto organizado de atividades investigativas, para trabalhar determinado tema, cujo foco principal é o questionamento e o grau de liberdade intelectual do aluno (CARVALHO, 2014).

O trabalho investigativo pode ser elaborado de diversas formas, sem necessariamente ser executado em um laboratório, utilizando aparatos sofisticado ou implemento extraordinários. Assim, para a elaboração de uma SEI, Carvalho et al. (2018) e Carvalho (2014) apresentam algumas formas e recursos que podem ser explorados, como veremos a seguir:

- **Textos históricos** – na exploração deste recurso em sala, há a oportunidade de o professor levar aos alunos como se dá o processo de construção da ciência e a relevância de vários pesquisadores e cientistas na produção do conhecimento que ainda está em construção. Assim, os alunos aprendem ciências e sobre ciências, percebendo de uma visão diferente a forma como se consegue entender e explicar o mundo.
- **Experiências de demonstrações investigativas** – são realizados pelo professor, para despertar nos alunos a reflexão pela busca da explicação do fenômeno; para isso uma questão problematizadora é essencial para produzir a inquietação frente a tal fenômeno. A questão problematizadora deve orientar os discentes a observarem variáveis que podem influenciar o acontecimento. Assim, deve-se estimular os estudantes a formularem possíveis soluções para solução do problema. Em seguida testa-se as estratégias escolhidas e observa-se as soluções encontradas, sistematizando o discurso de acordo com as observações realizadas, para então, passar para a linguagem matemática, em um encontro posterior.
- **Laboratório aberto** - é proposto aos alunos um problema onde os mesmos tem liberdade para pensarem, elaborarem estratégias, testá-las, relatarem como resolveram os problemas através da interação em classe com o grupo e os relatos escritos das conclusões. Essa sequência é dividida em quatro etapas, sendo que a primeira é a proposição de um problema pelo professor, que é a sua função principal; na segunda etapa os alunos trabalham em grupo na solução do problema; nesta fase elaboram hipóteses e as testam, observando quais variáveis precisam ser manipuladas para a solução e assim há uma troca de informação entre os integrantes do grupo para formulação da resposta; na terceira fase ocorre a exposição dos grupos sobre de que forma ocorreu à solução do problema, relatando quais estratégias foram usadas e quais

as variáveis e dificuldades encontradas. Nesta etapa o professor desempenha papel importante com a aplicação de perguntas que estimulem os alunos a relatarem de que forma conseguiram solucionar o problema. E por fim uma quarta etapa não menos importante, aonde o aluno irá de forma individual relatar como o problema foi solucionado, não podendo ser apenas de forma descritiva, pois nesta etapa o aluno vai expressar se conseguiu compreender o conhecimento científico empregado.

- **Aulas de sistematização ou textos de apoio** – nesta aula é conveniente que o professor use textos de apoio comumente encontrados em livros didáticos, que em geral trazem uma linguagem mais formal; como nas demonstrações e laboratórios abertos o discente ainda está se apropriando de uma linguagem científica, essa sistematização irá colaborar para uma melhor evolução das linguagens oral, gráfica e matemática.
- **Questões e problemas abertos** – questões e problemas abertos têm características diferentes dos exercícios tradicionais. Apesar de serem executadas no final do conteúdo trabalhado teoricamente, elas apresentam situações do cotidiano do aluno e visam que os mesmos encontrem uma solução relacionando o conteúdo trabalhado. A dinâmica é a mesma do laboratório aberto: os alunos trabalham em grupo procurando solucionar o problema, através do teste de hipóteses e/ou situações de contorno, buscando aplicar o conhecimento aprendido na aula teórica na busca da solução, não sendo necessária uma solução padrão para os grupos. O docente desempenha papel importante na mediação e argumentação entre os grupos, valorizando a utilização da linguagem científica e a passagem da linguagem verbal para a matemática.
- **Recursos tecnológicos** - os recursos digitais são hoje essenciais para a vida no dia a dia e as escolas não podem se omitir da utilização desses recursos, pois pode-se transformar vídeos, simuladores ou filmes em materiais que sirvam para indagações investigativas. Assim, o professor deve provocar nos alunos o diálogo e estimulá-los a buscar respostas através dos objetos digitais.

O ensino por investigação tem o aluno como ser pensante, diferente dos sistemas tradicionais, onde o professor comanda a linha de raciocínio e tem as respostas. Ao elaborar uma questão investigativa ou ao propor um problema, o professor passa a tarefa de raciocinar para o aluno e sua ação não mais é a de expor, mas a de orientar e encaminhar as reflexões dos estudantes na construção do novo conhecimento (CARVALHO, 2018).

Vale ressaltar que o papel da proposição do problema é essencial para o início das discussões, como relata Carvalho (2018) sobre o problema apoiado nas ideias piagetianas

(equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio), que traz a importância de um problema para o início da construção do conhecimento, pois ao propor um desafio (problema) e oferecer ferramentas e oportunidades para o aluno elaborar hipóteses, verificar variáveis, testá-las e chegar a conclusões, rompe-se o tradicional e se constroem novos conhecimentos na estrutura cognitiva; assim o entendimento de qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior (CARVALHO, 2018). Entretanto, sobre a elaboração de hipótese no processo de investigação Lederman et al, (2019, tradução nossa)², salienta que todas as investigações científicas começam com uma pergunta, mas não necessariamente testam uma hipótese, ou seja, não há necessidade da elaboração de hipóteses, dependendo principalmente da área de pesquisa considerada.

A escola tem papel importante na formação cognitiva dos indivíduos, nos processos de apropriação de conteúdos e conceitos, visto que o ensino de ciências tem a função de relacionar as teorias (conteúdos) com a vida prática do indivíduo. O planejamento de uma sequência de ensino que tenha por objetivo levar o aluno a construir um dado conceito deve iniciar por atividades manipulativas de acordo com Carvalho et al. (2018). Ainda segundo os autores, na resolução de um problema, é preciso incluir um experimento, jogo ou mesmo um texto; assim com o auxílio do professor o aluno consegue manipular os objetos em busca de respostas, observando as questões a serem resolvidas e ao tomar consciência da forma como o problema foi resolvido e porque deu certo, ou seja, a partir dos seus conhecimentos e o auxílio do professor, o aluno consegue por meio de suas próprias ações passar de uma etapa manipulativa para ação intelectual de construção ou reformulação de um conceito.

Essa etapa de tomada de consciência do professor como mediador e do aluno como construtor de seu próprio conhecimento, não é fácil: muitas vezes, ao longo do processo o aluno não consegue encontrar a resolução do problema proposto na primeira tentativa. Carvalho et al. (2018) ressaltam que esta também é uma condição piagetiana: o papel do erro, e é assim descrito pelos autores,

É muito difícil um aluno acertar de primeira, é preciso dar tempo para ele pensar, refazer a pergunta, deixá-lo errar, refletir sobre seu erro depois tentar um acerto. O erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina mais que muitas aulas expositivas quando o aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio.

Para Freitas et al. (2017), o erro torna-se parte importante na construção do saber e não deve ser tratado de forma excludente, uma vez que pode atuar como uma fonte rica de informações para a compreensão do conhecimento. O professor pode trabalhar com os alunos

² “Scientific investigations all begin with a question but do not necessarily test a hypothesis”.

que o conhecimento humano sempre foi construído a partir do questionamento e pela busca por respostas, portanto nesta busca de entender os fenômenos o erro sempre está presente.

Nesta perspectiva, o professor deve estar preparado para os possíveis desencontros entre o que o aluno já traz consigo (conhecimento cotidiano) e o conhecimento científico. Dessa forma, é necessário que as definições errôneas dos alunos não sejam motivos para punição e sim oportunidade de uma nova ocasião para pensar suas atitudes, como descreve Teston (2016):

Neste caminho de auxiliar os alunos na elaboração do conhecimento e sob a perspectiva da análise do erro, deve-se ter em mente que as interpretações sobre uma mesma questão podem ser diferentes, pois as pessoas são diferentes com vivências diferentes e pontos de vistas diferentes (TESTON, 2016).

É importante dar ao aluno oportunidade para formular diversas hipóteses mesmo que errôneas, pois assim ele estará desenvolvendo o raciocínio e conseqüentemente, aprendendo. Dessa maneira, o professor deve estimular os alunos para que se sintam “à vontade” na sala de aula e não ter medo de responder, pois assim estarão participando ativamente do processo de ensino-aprendizagem.

Outra etapa importante após a resolução do problema é a fase da sistematização, onde os alunos são instigados a relatarem o que fizeram e a que conclusões chegaram por meio da execução das estratégias em busca de resolver o problema e na manipulação das variáveis, como afirma Carvalho et al. (2009)

Pensando no que se fez, para contar para o professor e para a classe, o aluno vai fazendo ligações lógicas, estabelecendo conexões entre suas ações e as reações dos objetos. As relações gradualmente vão sendo desvinculadas das ações da própria criança para relações entre modificações dos atributos físicos dos objetos e respectivos resultados. Nessa passagem vai sendo iniciada a conceituação.

Da mesma forma Trazzi e Brasil (2017) ressaltam que

Os conhecimentos científicos que circulavam vão sendo ressignificados a partir das experiências pessoais dos envolvidos no processo e as experiências anteriores dos alunos vão sendo ressignificadas conforme os conhecimentos científicos vão sendo discutidos, a partir da atividade experimental. (TRAZZI e BRASIL, 2017).

Para Carvalho et al. (2018), essa sistematização pode ser praticada por meio da leitura de um texto escrito, quando os alunos podem novamente discutir, comparando o que fizeram e o que pensaram ao resolver o problema, com o relatado no texto. Nesta fase ainda observada pela autora, cabe ao professor aprender a ouvir os alunos e trocar com eles informações. Essa tarefa de “ouvir” precisa ser exercitada, por quem não está acostumado a ter tal postura.

Na etapa seguinte – de escrever e desenhar – os alunos irão expressar de forma individual o que aprenderam, não de forma descritiva, mas numa possibilidade argumentativa em que o aluno possa demonstrar o que foi aprendido com a investigação. Todavia, é na

argumentação dos alunos que o professor pode tomar consciência das relações que são realizadas, das ideias trocadas e do conhecimento que seus alunos estão construindo a partir da atividade (CARVALHO et al. 2018). Para Pereira (2019), essa etapa facilita a explicação dos alunos em relação ao que entenderam, unido o que percebem no cotidiano com o estudado em sala de aula.

Assim, pode-se inserir o aluno no processo de LC, dando-lhe a oportunidade de perceber de que forma a ciência praticada pelos cientistas é construída, explorando o passo a passo de como se dá o processo de construção do conhecimento.

2.3 O Papel do Letramento Científico (LC)

Para analisar a importância do LC, primeiramente precisamos entender que esse termo tem diversas denominações dependendo de qual local esteja sendo tratado. Sasseron e Carvalho (2011) em seu trabalho “Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica” destacam que autores de língua espanhola e francesa usam o termo “Alfabetização Científica”, enquanto que nas publicações de língua inglesa a tradução se dá por “Letramento Científico”.

Dessa forma, há uma dificuldade no consenso de qual expressão utilizar para designar o ensino de ciências comprometido com a formação do cidadão. Ainda de acordo com Sasseron e Carvalho (2011), devido a esta diversidade semântica, alguns autores no Brasil utilizam a expressão “Letramento Científico”, outros adotam o termo “Alfabetização Científica”, e tem aqueles que preferem a denominação de “Enculturação Científica” para designarem o objetivo desse ensino de ciências que almeja a formação cidadã dos estudantes para agir sobre a ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA), para a tomada de decisão consciente. Para Sasseron (2015), seja qual for a denominação dada no Brasil, Alfabetização Científica, Letramento Científico ou Enculturação Científica, a intenção do ensino segue o mesmo viés.

Os preceitos e objetivos para o ensino de ciências registram clara intenção de formação capaz de promover condições para que temas e situações envolvendo ciências sejam analisados a luz dos conhecimentos científicos, sejam estes conceitos ou aspectos do próprio fazer científico.

Neste trabalho optamos por usar o termo LC, para determinar o conjunto de práticas às quais uma pessoa lança mão para interagir com seu mundo e os conhecimentos dele (SASSERON E SOUZA, 2017). Também definido por Sasseron (2018), como:

Um objetivo do ensino de ciências voltado a que os sujeitos possam conhecer as ciências, reconhecer os modos como às ciências entendem os fenômenos, utilizar esses modos de estruturar ideias e pensamentos para a análise de fenômenos e de situações a eles relacionadas e tomar suas decisões (quaisquer que sejam) considerando tais aportes. (SASSERON, 2018)

E assim, reforçado dentro das competências específicas de Ciências da Natureza para o EF,

Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva. (BRASIL, 2017)

Mas, como podemos promover o LC nas aulas de ciências?

Para responder esta pergunta, precisamos entender o espaço escolar como um local de encontro de culturas, visto que a escola como espaço físico que congrega pessoas de diferentes experiências, realidades e perspectivas sociais e culturais, também congrega diferentes culturas, além de, ela mesma, possuir características que definem sua própria cultura (SASSERON, 2015).

Desse modo, a escola e em especial o ensino de ciências deve oferecer ao estudante uma nova forma de cultura, que irá se relacionar, muitas das vezes de forma desarmoniosa com a cultura do aluno, devido aos seus processos e métodos de ensino. Sasseron e Souza (2017) consideram este como sendo o processo de enculturação científica dos alunos, promovendo condições para que os mesmos sejam inseridos em mais uma cultura, a cultura científica.

Vale salientar que nem sempre a ciência em geral e o uso de atividades investigativas no ensino de ciências em particular, tiveram seu espaço no cenário escolar brasileiro, só ganhando ênfase no século XX. Como descreve Krasilchik (1980) Apud Santos (2007), o ensino de ciências passou efetivamente a ser incorporado ao currículo escolar nos anos de 1930, e daí um processo de busca de inovação. Ainda de acordo com Santos (2007), o processo curricular teve início com um processo de atualização de *kits* de experimentos na década de 1950, e com a tradução de projetos americanos e a criação de centros de ensino de ciências na década de 1960, culminando com o início da produção de materiais por educadores brasileiros na década de 1970.

Zompero e Laburú (2016) ressaltam que após esse período de inserção das ciências nos currículos e a tentativa de inovação do método científico, só houve menção à utilização de atividades de investigação em documentos que regem a educação brasileira novamente em

1997 nos PCNs para series iniciais, para 6º a 9º ano e na versão intitulada PCN+, que discutiremos mais adiante.

Dentre as habilidades associadas com a prática científica contemplada pelos PCN (BRASIL, 1997) e PCN+ (BRASIL, 2006) estão: observação, elaboração de hipóteses, registro de dados, comunicação de resultados e conclusão, que são características pertinentes às atividades investigativas (ZOMPERO E LABURÚ, 2016) e que levam a um processo de LC.

Após relatar brevemente um pouco do processo histórico relacionado ao ensino de ciências no Brasil, podemos retornar e buscar responder à pergunta feita no começo deste tópico – Como podemos promover o LC nas aulas de ciências? Para Sasseron (2015) o LC é visto como um processo contínuo. Assim, enquanto professores, precisamos compreender que o processo de apoderação do conhecimento científico que começa nas séries iniciais irá perdurar ao longo de toda a vida do indivíduo. Como continua relatando a autora, o LC não se encerra no tempo e não encerra em si mesma: assim como a própria ciência, ele deve estar sempre em construção, englobando novos conhecimentos pela análise e em decorrência de novas situações.

Pensando em promover o LC nas aulas de ciências e na avaliação da implementação da mesma, Sasseron (2015), (CARVALHO E SASERRON 2008, 2011) Apud Sasseron e Souza (2017) propõem maneiras de considerar o planejamento das aulas, observando o que elas chamam de Eixos estruturantes da AC, que são três:

- (a) a compreensão básica de termos e conceitos científicos, retratando a importância de que os conteúdos curriculares próprios das ciências sejam debatidos na perspectiva de possibilitar o entendimento conceitual;
- (b) a compreensão da natureza da ciência e dos fatores que influenciam sua prática, deflagrando a importância de que o fazer científico também ocupa espaço nas aulas de mais variados modos, desde as próprias estratégias didáticas adotadas, privilegiando a investigação em aula, passando pela apresentação e pela discussão de episódios da história das ciências que ilustrem as diferentes influências presentes no momento de proposição de um novo conhecimento;
- (c) o entendimento das relações entre CTSA, permitindo uma visão mais completa e atualizada da ciência, vislumbrando relações que impactam a produção de conhecimento e são por ela impactadas, desvelando, uma vez mais, a complexidade existente nas relações que envolvem o homem e a natureza.

Vale observar que as autoras expõem os eixos estruturantes para a AC, e ressaltam que não são pontos como “Leis” imutáveis na elaboração do conhecimento científico, mas norteiam a organização do planejamento das aulas de ciências.

Sasseron e Souza (2017) comentam que as concepções de LC desenvolvidas no ambiente escolar se ancoram fortemente na ideia do engajamento dos estudantes com a investigação de problemas apresentados a eles. Diante do exposto, como perceber se durante ou após o desenvolvimento das aulas baseadas nos eixos estruturante da AC, o aluno conseguiu desenvolver-se cientificamente? Para analisar se o processo de LC obteve êxito na evolução dos alunos, Sasseron e Carvalho (2008, 2011) propuseram os indicadores de AC, cuja função é classificar ações no trabalho em sala de aula de modo a diagnosticar se a AC está em processo de desenvolvimento entre os alunos. Vale ressaltar que os indicadores são originários da análise de atividades de investigação, desenvolvida pelas mesmas, com alunos em sala de aula. Abaixo apresentamos tais indicadores.

- (a) A seriação de informações é um dos indicadores da AC. Ela deve surgir quando se busca o estabelecimento de bases para a ação investigativa;
- (b) A organização de informações ocorre nos momentos em que se discute como o trabalho foi realizado;
- (c) A classificação de informações aparece quando se busca estabelecer características comuns para os dados obtidos, podendo haver uma hierarquia para essas informações;
- (d) O raciocínio lógico que compreende como as ideias são desenvolvidas e apresentadas e o raciocínio proporcional que mostra como se estrutura o pensamento;
- (e) O levantamento de hipóteses aponta momentos em que suposições sobre determinado tema são levantadas;
- (f) O teste de hipóteses se refere às etapas em que se coloca à prova as suposições anteriormente levantadas;
- (g) A justificativa aparece quando em uma afirmação proferida se lança mão de uma garantia para o que é proposto;
- (h) O indicador da previsão é explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que se sucede associado a determinados acontecimento;
- (i) A explicação surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas.

Vale ressaltar que ao analisar aulas de ciência que tenham a intenção de promover o LC, não podemos esperar que os indicadores ocorram ao longo do processo seguindo uma ordem cronológica. Como observa Saserron (2015), os indicadores não devem ser avaliados

na perspectiva de ocorrência cronológica, pois representam, de modo mais específico, o envolvimento evidenciado ao longo de processos de discussão e resolução de problemas ligados às ciências e trabalhados em situações de ensino.

Para finalizar este tópico, ressaltamos que os indicadores de alfabetização científica estão entrelaçados com o “fazer científico”. Para Sasseron e Souza (2017), o trabalho em sala de aula que favoreça o surgimento desses indicadores pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades próprias das ciências.

Para dar suporte legal ao estudo desta dissertação, no próximo tópico apresentaremos os documentos que regem a educação no Brasil, dando ênfase ao ensino de ciências, buscando o que dispõem os PCNs e a BNCC, voltados para o EF, foco de nossa pesquisa.

2.4 Os Parâmetros Curriculares Nacionais e a Base Nacional Comum Curricular

No tópico anterior, já citamos um pouco de como se deu a inserção do ensino de ciências na educação brasileira. No período que compreende as décadas de 50, 60 até o começo de 1970, o Ministério da Educação e Cultura (MEC) estabelecia que o ensino de ciências só fizesse parte do programa oficial de ensino nas duas últimas séries do ginásio (SILVA, FERREIRA e VIEIRA, 2017) com caráter meramente teórico e sem obrigatoriedades. Apesar de em 1961 ter sido promulgada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN nº 4024/61), só em 1971 o ensino de ciências passa a ser obrigatório nas 8ª séries do primeiro grau. De acordo com Silva, Ferreira e Vieira (2017), o ensino de ciências transcorre de forma tecnicista nesta época, de modo a atender a demanda de industrialização, distanciando os estudantes do contato com o método científico.

É importante ressaltar que essa fase do desenvolvimento da ciência no Brasil, assim como em outros países, sofreu influência do momento histórico, político e sociocultural, pois o nosso país passava pelo período de ditadura militar e o mundo pela guerra fria, que só tiveram seu final em meados da década de 1980. Como descrito por Silva, Ferreira, Vieira (2017), esse período foi marcado pela democratização de nosso país e pela paz mundial e a crescente preocupação com questões ambientais e direitos humanos. Com a promulgação da Constituição Federal de 1988, já houve o primeiro esboço de uma Base Nacional Comum Curricular, como descrito no seu artigo 210 – “Serão fixados conteúdos mínimos para o ensino fundamental, de maneira a assegurar formação básica comum e respeito aos valores culturais e artísticos, nacionais e regionais” (BRASIL, 1988). Como todos passaram a ter acesso à educação em todos os níveis de ensino, e também o ensino não estava mais voltado para a formação tecnicista, como descrito no artigo 214, que tem como um dos objetivos a

“promoção humanística, científica e tecnológica do País” descrita no inciso V, então surgem novos desafios na maneira de ensinar ciências. Embora previsto na constituição de 1988, só com a aprovação da LDBEN, Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que em seu Artigo 26, é regulamentada uma Base Nacional Comum para a Educação Básica:

Art. 26. Os currículos da educação infantil, do ensino fundamental e do ensino médio devem ter base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e em cada estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e dos educandos. (BRASIL, 1996)

Assim, estava estabelecido que em todo território brasileiro os conteúdos a serem trabalhos em sala de aula deveriam obedecer a uma base nacional, desde a educação infantil até o ensino médio, porém ainda não havia sido definida qual era essa base. Então, foram criados os PCNs em 1997 para o ensino fundamental, seguindo os subsídios oriundos do Plano Decenal de Educação (1993-2003), de pesquisas nacionais e internacionais, dados estatísticos sobre desempenho de alunos do ensino fundamental, bem como experiências de sala de aula difundidas em encontros, seminários e publicações (Brasil, 1997).

O PCNs organizaram os conteúdos por área com tratamento didático específico e por ciclo, procurando garantir coerência entre os pressupostos teóricos, os objetivos e os conteúdos, mediante sua operacionalização em orientações didáticas e critérios de avaliação (BRASIL, 1997). Alguns dos seus objetivos de ensino que aparecem no documento são:

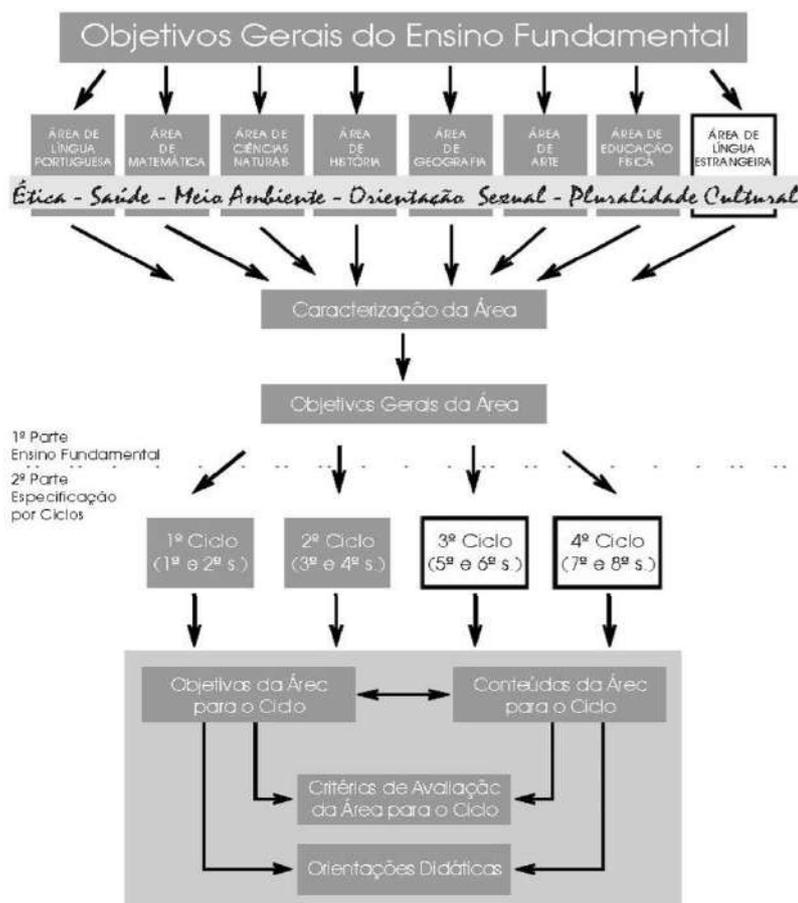
- Perceber-se integrante, dependente e agente transformador do ambiente, identificando seus elementos e as interações entre eles, contribuindo ativamente para a melhoria do meio ambiente;
- Conhecer e cuidar do próprio corpo, valorizando e adotando hábitos saudáveis como um dos aspectos básicos da qualidade de vida e agindo com responsabilidade em relação à sua saúde e à saúde coletiva;
- Saber utilizar diferentes fontes de informação e recursos tecnológicos para adquirir e construir conhecimentos;
- Questionar a realidade, formulando-se problemas e tratando de resolvê-los, utilizando para isso o pensamento lógico, a criatividade, a intuição, a capacidade de análise crítica, selecionando procedimentos e verificando sua adequação.

Estes objetivos se assemelham com os objetivos do LC, ambos estando voltados para a formação do cidadão crítico e capaz de opinar na tomada de decisões, como por exemplo, num referendo que analise a comercialização de um medicamento.

Ainda de acordo com os PCNs, a seriação inicial deu lugar ao ciclo básico com a duração de dois anos, tendo como objetivo propiciar maiores oportunidades de escolarização

voltada para a alfabetização efetiva das crianças. Sendo assim, o EF ficou organizado em ciclos, distribuídos da seguinte forma: o primeiro ciclo corresponde a 1ª e 2ª série, o segundo ciclo a 3ª e 4ª série, o terceiro ciclo 5ª e 6ª série e por fim o quarto ciclo o 7ª e 8ª e específico de cada área e ciclo. A seguir, temos um organograma, ver a figura 01, mostrando as áreas do conhecimento que devem ser trabalhada no ensino fundamental e apresentação dos Ciclos.

Figura 01: Organograma dos objetivos Gerais do EF, a divisão por área do conhecimento e os Ciclos de ensino.



Fonte: Brasil (1997)

A partir de agora vamos nos prender à área do conhecimento de Ciências da Natureza, observando os conteúdos que são trabalhados e quais os ciclos, destacando os objetivos que incentivam o LC e o uso da abordagem investigativa no ensino. Para isto, vamos tentar traçar um paralelo elencando as transformações entre o que estava disposto nos PCNs (BRASIL,

1997) e como ficou com a homologação da BNCC (BRASIL, 2017), sobre a organização do ensino, mais especificamente o ensino de ciências.

O primeiro ponto que podemos observar é que na elaboração dos PCNs, o EF era de oito anos, enquanto nos dias atuais, ele é desenvolvido em nove anos, conforme estabelecido pela Lei no 11.274 (BRASIL, 2007). De acordo com esta nova lei, a ampliação do ensino fundamental para nove anos significa, também, uma possibilidade de qualificação do ensino, buscando um melhor letramento, pois a criança tem mais tempo para se apropriar desses conteúdos ao entrar no EF um ano antes, com seis anos de idade. Também não se compreende o EF mais por ciclo, e sim por ano, ou seja, do 1º ao 9º ano do ensino fundamental.

Os PCNs organizam os conteúdos em eixos temáticos (BRASIL, 1997). Para os primeiro e segundo ciclos, a escolha dos eixos orientou-se pela análise dos currículos estaduais atualizados; na preparação dos terceiro e quarto ciclos, somou-se o aprofundamento das discussões da área e de temas transversais. Assim, nos primeiro e segundo ciclos, os eixos temáticos são “Vida e Ambiente, Ser Humano e Saúde e Tecnologia e Sociedade”; já nos terceiro e quarto ciclos os mesmo eixos se estendem e são acrescidos do eixo “Terra e Universo”, este último só estando presente a partir do terceiro ciclo, por motivos circunstanciais, ainda que se entenda que ele poderia estar presente nos dois primeiros. Na elaboração de seu plano de ensino, o professor precisaria observar o que dispunham os Temas Transversais que acompanhavam os PCNs. De acordo com Brasil (1997), os temas transversais destacam a necessidade de dar sentido prático às teorias e aos conceitos científicos trabalhados na escola, e de favorecer a análise de problemas atuais.

Com a BNCC, os eixos temáticos sofreram algumas mudanças de denominação e na sua área de abrangência. Para elaboração dos currículos de Ciências, especificamente, as aprendizagens essenciais a serem asseguradas neste componente curricular foram organizadas em três unidades temáticas, que se repetem ao longo de todo o EF (BRASIL, 2017). Compreendendo os seguintes eixos temáticos: Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo.

Vale salientar haver uma menção tímida nos PCNs de processos investigativos, evidenciado a partir do terceiro ciclo,

A partir do terceiro ciclo, e principalmente no quarto ciclo, o aluno vive a juventude, podendo ampliar a participação em seu meio social e desenvolvendo uma atitude crítica que dirige tanto às relações pessoais como a outros aspectos de sua vida cultural e afetiva. Educadores especialistas do ensino fundamental, o professor ou a professora de Ciências Naturais precisam abrir o diálogo, encontrar respostas e incentivo adequados para o amadurecimento crítico de seus alunos, o que significa, geralmente, **empreender trabalho em grupo, capaz de envolver e de colocar os alunos em interação social e cognitiva**. A complexidade desta fase escolar exige

que o professor tenha possibilidade real de realizar **ensino ativo**, desafiador e atualizado. (BRASIL, 1997).

Na BNCC, os processos investigativos são estimulados durante todo o EF, desde o 1º ano ao término do 9º ano (BRASIL, 2017):

Ao longo do Ensino Fundamental, a área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências (BRASIL, 2017).

Para o desenvolvimento do LC, ainda de acordo com a BNCC (BRASIL, 2017), o EF deve assegurar acesso à diversidade de conhecimentos científicos, produzidos ao longo da história, bem como a aproximação gradativa aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica. Fica notável que a BNCC, referindo-se ao ensino de ciências, evidencia a realização de atividades investigativas em sala de aula, como na Tabela 03 a seguir, nos mostra que o ensino de ciências deve promover no dia a dia da sala de aula aos alunos.

Tabela 03: Situações que o Ensino de Ciências deve promover ao aluno.

O Ensino de Ciências deve promover ao aluno.	
<ul style="list-style-type: none">• Observar o mundo a sua volta e fazer perguntas.• Analisar demandas, delinear problemas e planejar investigações.• Propor hipóteses.• Planejar e realizar atividades de campo (experimentos, observações, leituras, visitas, ambientes virtuais etc.).• Desenvolver e utilizar ferramentas, inclusive digitais, para coleta, análise e representação de dados (imagens, esquemas, tabelas, gráficos, quadros, diagramas, mapas, modelos, representações de sistemas, fluxogramas, mapas conceituais, simulações, aplicativos etc.).• Avaliar informação (validade, coerência e adequação ao problema formulado).• Elaborar explicações e/ou modelos.• Associar explicações e/ou modelos à evolução histórica dos conhecimentos científicos envolvidos.• Selecionar e construir argumentos com base em evidências, modelos e/ou conhecimentos científicos.• Aprimorar seus saberes e incorporar, gradualmente, e de modo significativo, o conhecimento científico.• Desenvolver soluções para problemas cotidianos usando diferentes ferramentas, inclusive digitais.• Organizar e/ou extrapolar conclusões.	<p>Definição de problemas</p> <p>Levantamento, análise e representação.</p> <p>Comunicação</p>

- Relatar informações de forma oral, escrita ou multimodal.
- Apresentar, de forma sistemática, dados e resultados de investigações.
- Participar de discussões de caráter científico com colegas, professores, familiares e comunidade em geral.
- Considerar contra-argumentos para rever processos investigativos e conclusões.
- Implementar soluções e avaliar sua eficácia para resolver problemas cotidianos.
- Desenvolver ações de intervenção para melhorar a qualidade de vida individual, coletiva e socioambiental. Intervenção

Fonte: Brasil (2017)

Esses pressupostos, que o ensino de ciências segundo a BNCC deve promover na sala de aula, tem características de LC. Assim, uma abordagem didática que se adequa confortavelmente a eles é o ensino por investigação, por exemplo, como apresentado por Carvalho (2018) nas SEI, que se desenvolve de forma semelhante ao descrito acima, ou seja:

Uma sequência de ensino investigativo na maioria das vezes inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que induz os alunos no tópico desejado e ofereça condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático. É preciso, após a resolução do problema, uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos. Seguida da contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos. (CARVALHO, 2018).

Para Zompero e Laburú (2016), o ensino por investigação tem entre outros objetivos o desenvolvimento de habilidades cognitivas, realização de procedimentos como elaboração de hipóteses, anotação e análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação. Essa aproximação do ensino por investigação aos pressupostos da BNCC fica mais evidente nas suas competências específicas (Tabela 04).

Tabela 04: Competências específicas de ciências da natureza para o ensino fundamental

Competências Específicas de Ciências da Natureza para o EF.

1. Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico.
2. Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.

3. Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza.
4. Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho.
5. Construir argumentos com base em dados, evidências e informações confiáveis e negociar e defender ideias e pontos de vista que promovam a consciência socioambiental e o respeito a si próprio e ao outro, acolhendo e valorizando a diversidade de indivíduos e de grupos sociais, sem preconceitos de qualquer natureza.
6. Utilizar diferentes linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas das Ciências da Natureza de forma crítica, significativa, reflexiva e ética.
7. Conhecer, apreciar e cuidar de si, do seu corpo e bem-estar, compreendendo-se na diversidade humana, fazendo-se respeitar e respeitando o outro, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza e às suas tecnologias.
8. Agir pessoal e coletivamente com respeito, autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza para tomar decisões frente a questões científico-tecnológicas e socioambientais e a respeito da saúde individual e coletiva, com base em princípios éticos, democráticos, sustentáveis e solidários.

Fonte: Brasil (2017)

O ensino de ciências desenvolve no aluno inúmeras habilidades e conhecimentos; ao estudar Ciências, as pessoas aprendem a respeito de si mesmas, da diversidade e dos processos de evolução e manutenção da vida, do mundo material, do nosso planeta no sistema solar e do Universo e da aplicação dos conhecimentos científicos nas várias esferas da vida humana (BRASIL, 2017). Esta gama de conhecimento está disposta dentro das três unidades temáticas – Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo – da BNCC, com seus objetivos de conhecimento e habilidades específicas a serem desenvolvidas ao longo de cada ano durante o ensino fundamental. Assim, essas aprendizagens, entre outras, possibilitam que

os alunos compreendam, expliquem e intervenham no mundo em que vivem. Por exemplo, na unidade temática “Matéria e Energia”, que tem como objetivo de conhecimento os efeitos da luz nos materiais, como habilidade a ser desenvolvida, (EF03CI02)³ - experimentar e relatar o que ocorre com a passagem da luz através de objetos transparentes (copos, janelas de vidro, lentes, prismas, água etc.), no contato com superfícies polidas (espelhos) e na intersecção com objetos opacos (paredes, pratos, pessoas e outros objetos de uso cotidiano). Este será o objeto de nossa proposta investigativa, visando contribuir para o melhor desenvolvimento das habilidades e conhecimento acerca da compreensão da luz e seus fenômenos.

2.5 A Construção do Conceito da Luz.

Em nosso dia a dia, usufruímos de diversas fontes de luz, sendo a mais comum delas a luz do sol. A compreensão do conceito de luz, bem como sua relação com diversos fenômenos, como por exemplo, a forma como enxergamos os objetos, são inquietações que remetem aos tempos da Grécia antiga, datadas de antes de Cristo (a. C). Demócrito (460-357 a. C) acreditava que feixes luminosos provinham dos objetos e penetravam nos olhos para formar as imagens; já os pitagóricos presumiam que a visão era causada por algo emitido pelo olho; Platão (428-348 a. C.) adotava um caminho intermediário, admitindo as duas teorias e atribuía à sensação de visão ao encontro dos dois raios (ROCHA et al, 2015).

Durante esse período inicial, a teoria ondulatória prevalecia entre os filósofos da antiguidade, como na visão de Aristóteles (384-322 a. C.), que já compreendia a natureza vibratória do som, e por analogia afirmava que os objetos luminosos vibram, pondo em movimento um meio indefinido – a quem ele chamou “diáfano” – o qual, por sua vez, provocaria o movimento de humores (parte interna do olho antes da retina) que fariam parte da composição do olho (ROCHA et al, 2015).

Essas concepções a respeito da teoria ondulatória da luz somente começaram a mudar a partir do século XVII, com fortes contribuições de Isaac Newton (1642-1727) com sua obra *Optiks, or a Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflexions and Colours of light* (Óptica, ou Tratado das Reflexões, Refrações, Inflexões e Cores da Luz) distribuído em três volumes (BASSALO, 1997). As ideias de Newton sobre a luz combinavam as teorias corpuscular e ondulatória, lembrando um pouco a teoria quântica (NUSSENZVEIG, 1998).

A teoria corpuscular teve grande contribuição do trabalho “Tratado sobre a luz” de Cristhian Huynges de 1690, sendo muito importante para o desenvolvimento da Óptica Geométrica, na construção de imagens ópticas (BASSALO, 1997). Já a teoria ondulatória da

³ (EF03CI02) – Ensino Fundamental, 3º ano, Ciências, habilidade dois.

luz demorou em conseguir se consolidar, ganhando força somente no início do século XIX, com os trabalhos de Thomas Young e Augustin Fresnel sobre os efeitos de interferência e difração (NUSSENZVEIG, 1998).

Outro fator importante que demorou a ser definido foi a velocidade da luz, que teve seu valor sendo estudado e deduzido por vários estudiosos, como o astrônomo inglês James Bradley (1693-1762) no estudo do ângulo de aberração no movimento de paralaxe da estrela omega de Dragão. Para obter um valor aproximado para esta velocidade, ele considerou a Equação (1) dada por:

$$\alpha: \text{sen } \alpha = \frac{v}{c} \quad , \quad (01)$$

onde o seno do angulo alfa ($\text{sen } \alpha$) é igual à razão entre a velocidade da Terra em torno do sol (v) e a velocidade da luz no vácuo (c), e apontou o valor para a velocidade da luz (c):

$$c \approx 295.000 \frac{\text{km}}{\text{s}} .$$

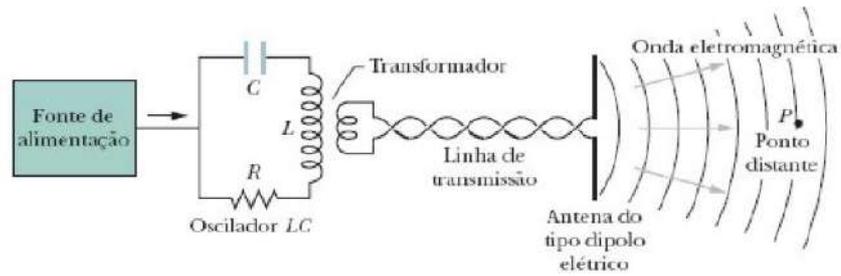
Nos séculos seguintes, outros cientistas buscaram encontrar também o valor desta velocidade. Podemos citar Fizeau, que em 1849 elaborou um aparato experimental no topo de uma montanha, encontrando o valor para a velocidade da luz de $315.000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Foucault em 1862 melhorou o experimento de Fizeau, encontrando o valor de $298.000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, próximo do encontrado por Cornu em 1874 (BASSALO, 1997).

O problema de definição da velocidade da luz só foi mais bem explicado com os trabalhos de Maxwell, que considerou a luz como uma onda eletromagnética, apoiado nos trabalhos de outros pesquisadores. Silva (2002) afirma que:

Maxwell concluiu que para calcular este valor só era necessário dividir a unidade de carga eléctrica, dada pela equação de Coulomb, pela unidade de carga eléctrica, dada pelos trabalhos de Ampere. Estas duas novas unidades já tinham sido determinadas pelos alemães Weber e Kohlrausch. A divisão dava um valor aproximado ao valor da velocidade da luz. Maxweel concluiu que os dois éter são um só, e que as vibrações electromagnéticas e luminosas não passam do mesmo fenómeno. (SILVA, 2002).

Para tal, Maxwell propôs que o campo eletromagnético podia propagar-se como uma onda transversal no éter e obteve a sua velocidade em função das propriedades eléctricas e magnéticas no meio. Assim, a onda eletromagnética seria composta pelo vetor campo eléctrico **E** perpendicular ao vetor campo magnético **B** e ambos perpendiculares à propagação da onda. A Figura 02 apresenta um esquema de produção da onda eletromagnética em um ponto P.

Figura 02: Sistema usado para gerar uma onda eletromagnética na região de ondas curtas.

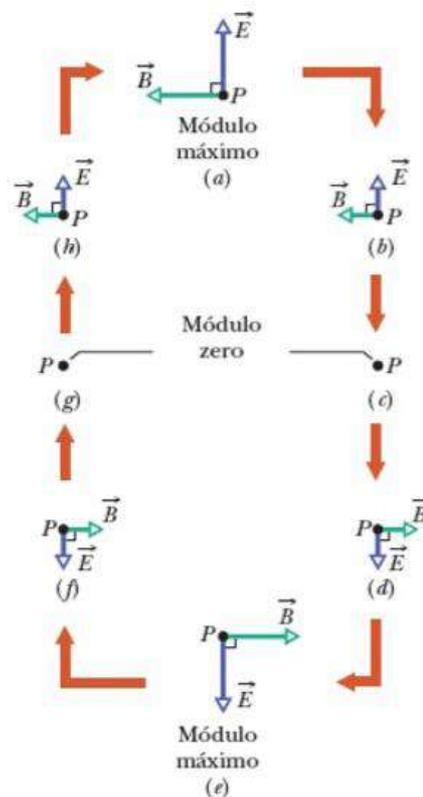


Fonte: Halliday (2016)

A Figura 02 representa um oscilador LC que está acoplado, por meio de um transformador e de uma linha de transmissão, a uma antena, que consiste essencialmente em dois condutores retilíneos (HALLIDAY, 2016). Sabendo que a onda se propaga em todas as direções, escolheu-se para análise o ponto P distante, visto que se pode considerar a onda plana minimizando a sua curvatura, para melhor compreensão. Dessa forma, a Figura 03 representa os campos elétrico e magnético perpendiculares no papel e direção da onda saindo do papel.

Figura 03: Representação da onda em função do campo elétrico e magnético em um ponto

P.



Fonte: Halliday, 2016

A onda eletromagnética se propaga por oscilação dos campos **E** e **B**. Várias propriedades importantes destas ondas podem ser observadas na Figura 03, sendo elas sempre válidas, independentemente da forma como as ondas foram geradas (HALLIDAY, 2016):

- 1 - Os campos **E** e **B** são ambos perpendiculares à direção de propagação da onda. Isso significa que a onda é uma onda transversal.
- 2 – O campo elétrico é perpendicular ao campo magnético.
- 3- O produto vetorial **E** x **B** aponta no sentido de propagação da onda.
- 4 - Os campos variam senoidalmente, como as ondas transversais. Além disso, variam com a mesma frequência e estão em fase.

Estas propriedades são características de onda eletromagnética propagando-se na direção de um ponto P. Na discussão a seguir vamos considerar que esta onda é uma onda plana. Adotamos um sistema de coordenadas tal que o eixo *x* corresponde à direção de propagação, sendo o sentido positivo do eixo *x* o sentido de propagação, perpendicular ao campo elétrico que oscila paralelamente ao eixo *y*, e o campo magnético que oscila paralelamente ao eixo *z*, orientado pelo sistema de coordenadas dextrogiro. Assim, podemos expressar os campos elétricos e magnéticos por funções senoidais da posição em função do tempo *t*, ou seja:

$$E = E_m \text{ sen } (kx - \omega t), \quad (02)$$

$$B = B_m \text{ sen } (kx - \omega t), \quad (03)$$

onde E_m e B_m são as amplitudes dos campos e ω e k são a frequência angular e o número de onda, respectivamente. Observe que não só os dois campos constituem uma onda eletromagnética, mas cada campo, isoladamente, constitui uma onda. A componente elétrica da onda eletromagnética é descrita pela Eq. 03, e a componente magnética é descrita pela Eq. 04.

Sabendo que, a velocidade de propagação de qualquer onda progressiva é dada por $v = \frac{\omega}{k}$, para o caso das ondas eletromagnéticas, usaremos símbolo *c*. Assim, uma das formas de definir a velocidade da onda eletromagnética, como a luz, é a relação entre as amplitudes dos campos **E** e **B**. (equação 05), pois todas as ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com a mesma velocidade (Halliday, p. 33, 2016)

$$\frac{E_m}{B_m} = c \text{ (razão das amplitudes)} \quad (04)$$

Da mesma forma, pela razão dos módulos de **E** e **B**, e levando em consideração a Eq. 04, percebe-se que a intensidade dos campos em qualquer instante e em qualquer ponto, está relacionado pela equação 05:

$$\frac{E}{B} = c \text{ (razão dos módulos)} . \quad (05)$$

Sendo assim, o valor de c é representado pela equação 06.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} , \quad (06)$$

onde μ_0 – permeabilidade magnética do vácuo e ϵ_0 – permissividade elétrica do vácuo, obtém-se o valor de 3×10^8 m/s aproximadamente.

2.5.1 Discutindo a refração

O termo “refratar” tem origem na palavra latina *refractu*, que significa “quebrado”. Assim, podemos dizer que a refração é o fenômeno de mudança da velocidade da luz quando esta atravessa a superfície de separação de dois meios transparentes de propriedades óticas diferentes (ROCHA et al, 2015).

O processo de estudo da refração foi pouco difundido pelos antigos, como Platão e Aristóteles (IV a. C.), que mencionavam a quebra aparente de um objeto ao ser imerso em água, mas sem explicar tal fenômeno. Outros, também da antiguidade, que se referiram a refração da luz foram os matemáticos Euclides (III a. C), Heronde Alexandria (II a. C) e o filósofo Posidonio Rodio (133-49 a.C) (ROCHA et al, 2015). No século I a. C. Cleomedes estudou o fenômeno e o relacionou com outros fatos, como a possibilidade de observação do sol abaixo da linha do horizonte devido à refração da luz; ele teve outras contribuições, mas não conseguiu explicar matematicamente o fenômeno observado.

Alguns séculos depois, nos trabalho de Cláudio Ptolomeu (85-165 d. C.) encontramos os conceitos e alguns cálculos mais precisos referentes à ótica, assim dando uma base científica para sua obra. Com seus estudos, ele construiu uma tabela com os ângulos de refração na água, que se assemelham com os valores atuais, conforme aparece na Tabela 05.

Tabela 05 – Resultados do Experimentos de Ptolomeu comparados com os valores corretos (em graus).

Resultados de Ptolomeu		Resultados calculados p/ n=1,33 Lei de Snell
Ângulo de incidência	Ângulo de refração	Ângulo de refração
10	8	7,5
20	15 ^{1/2}	14,9
30	22 ^{1/2}	22,1
40	29	28,9
50	35	35,2

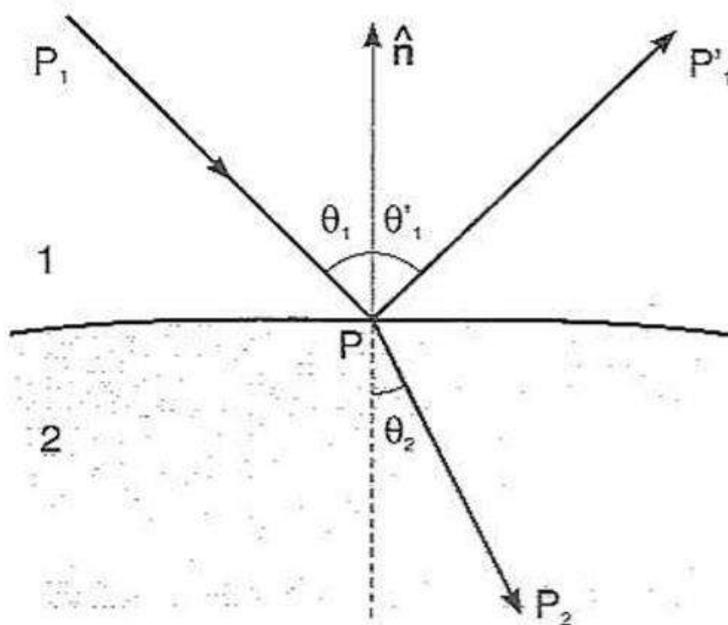
60	$40^{1/2}$	40,6
70	$45^{1/2}$	44,9
80	50	47,8

Fonte: Rocha et al (2015)

Apesar de perceber que para ângulos pequenos havia uma constância na mudança de direção da luz, Ptolomeu não conseguiu expressar de forma matemática a lei da refração. Esta só foi elaborada pelos contemporâneos Thomas Hariot, Willebrord Snell e René Descartes no século XVI (ROCHA et al, 2015), de forma independente.

Assim, observando a Figura 04, podemos compreender a Lei da Reflexão e posteriormente a Lei da Refração da luz.

Figura 04: Representação do ângulo de reflexão e de refração.



Fonte: Halliday (2016)

Observando a incidência do raio do meio 1 (P_1) e sua reflexão P_2 , considerando a interface da superfície de separação plana e tendo \hat{n} como vetor unitário da normal, a Lei da Reflexão pode ser escrita pela equação 07:

$$\theta'_1 = \theta_1 \text{ (reflexão)} \quad (07)$$

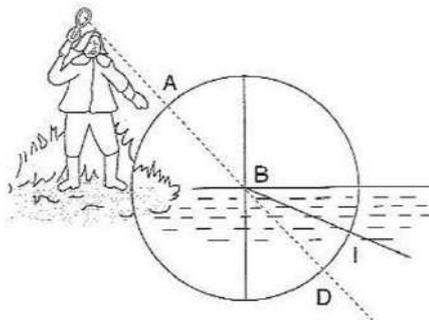
DE acordo com Halliday (2016), a lei da Refração, descoberta por Willebrord Snell em 1621 e reencontrada por Descartes em 1637, diz que o raio refratado também permanece no plano de incidência e que a relação entre os desvios e o ângulo de incidência e refração é dado pela equação 08:

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = n_{12} \quad (08)$$

onde n_{12} é uma constante que se chama índice de refração do meio 2 relativo ao meio 1. Se $n_{12} > 1$, como por exemplo, ao passar do ar para a água, diz-se que o meio 2 é mais refringente que 1, e o raio refratado se aproxima da normal; se $n_{12} < 1$, ao passar do vidro para água por exemplo, o meio 2 é menos refringente, e o raio refratado se afasta da normal.

Pela teoria corpuscular da luz, uma bola de tênis, por exemplo, ao penetrar do ar na água teria apenas a sua componente vertical de velocidade alterada, sem que a componente horizontal sofresse alteração, conforme Figura 05, adaptada da obra de Descartes.

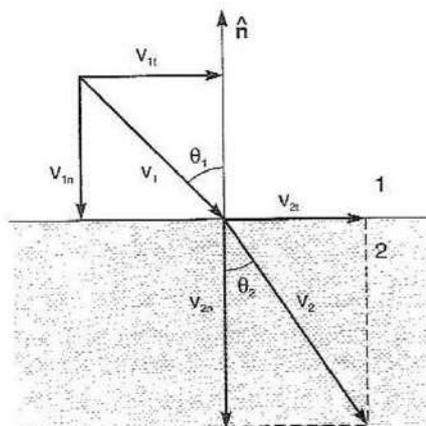
Figura 05: Representação corpuscular da refração.



Fonte: Halliday (2016)

Na figura, a bola ao penetrar na água tem sua magnitude vertical diminuída. Assim, vamos recorrer à Figura 06 para analisar a velocidade em cada meio.

Figura 06: Efeito da descontinuidade normal.



Fonte: Halliday (2016)

Se v_1 e v_2 são as magnitudes das velocidades dos corpos nos dois meios, a descontinuidade na interface muda a componente normal da velocidade, sem alterar a componente tangencial. Assim, temos matematicamente:

$$v_{2t} = v_2 \sin \theta_2 = v_{1t} = v_1 \sin \theta_1, \quad (09)$$

e portanto:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_2}{v_1} \quad (10)$$

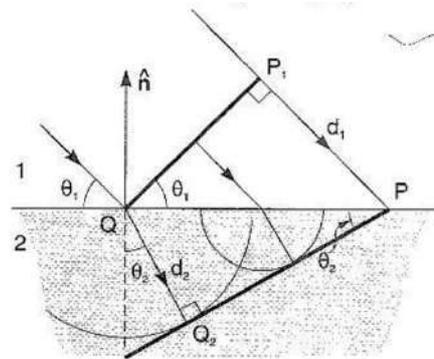
de onde conclui-se que:

$$n_{12} = \frac{v_2}{v_1} \quad (11)$$

Dessa forma, a teoria corpuscular não satisfaz o observado nos experimentos, pois para esta teoria a velocidade da luz deveria ser maior na água do que no ar ($n_{12} > 1$), como mostrado nas equações 09, 10 e 11.

Por outro lado, a lei da refração é facilmente demonstrada pela teoria ondulatória da luz, conforme esquema apresentado na Figura 07.

Figura 07: Explicação ondulatória da refração.



Fonte: Halliday (2016)

Da figura 07, podemos perceber que a frente de onda incidente $Q P_1$ dá origem à frente de onda refratada $Q_2 P$, pela construção de Huygens (HALLIDAY, 2016). O tempo necessário para que a luz percorra a distância $d_1 = P_1 P$ no meio 1 é o mesmo levado para percorrer $d_2 = Q Q_2$ no meio 2. Então, se v_1 e v_2 são as velocidades de propagação das ondas nos meios 1 e 2 respectivamente, e t é esse tempo, temos na equação 12:

$$t = \frac{d_1}{v_1} = \frac{d_2}{v_2}. \quad (12)$$

Dos triângulos retângulos $Q P_1 P$ e $Q Q_2 P$ obtemos, expresso na equação 13:

$$d_1 = Q P \sin \theta_1 = \quad ; \quad d_2 = Q P \sin \theta_2 \quad (13)$$

Assim, usando as equações 10 e 12,

$$\frac{d_1}{v_1} = \frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2} = \frac{v_1}{v_2}, \quad (14)$$

Logo, obtemos a equação 15

$$n_{12} = \frac{v_1}{v_2}. \quad (15)$$

Dessa forma, comparando (10) e (13), vemos que previsões da teoria corpuscular e ondulatórias são inversas: segundo a teoria ondulatória, a velocidade da luz na água deve ser menor do que no ar. Este resultado foi confirmado em 1850, por Foucault e Fizeau que mediram as respectivas velocidades (HALLIDAY, 2016).

O índice de refração n de um meio em relação ao vácuo é chamado de índice de refração absoluto. Como c é a velocidade da luz no vácuo, a velocidade da luz em um meio de índice de refração (absoluto) n é dado pela Eq. 16:

$$v = \frac{c}{n}. \quad (16)$$

Combinando as Eqs. (13) e (14), temos a Eq. 17:

$$n_{12} = \frac{c/n_1}{c/n_2} \quad \left\{ \quad n_{12} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (17) \right.$$

Assim, o índice de refração absoluto do meio 2 em relação ao meio 1 é o quociente dos seus índices absolutos. Finalmente, relacionando as Eqs. (13) e (15), encontramos a lei de Snell, Eq. 18:

$$n_1 \text{sen}\theta_1 = n_2 \text{sen}\theta_2. \quad (18)$$

2.5.2 Formação do Arco-íris

Por ser um fenômeno espetacular, onde as cores aparecem no horizonte antes ou após alguma chuva, o arco-íris sempre chamou atenção dos seres humanos. Um dos cientistas que explicou a formação deste fenômeno foi o físico e matemático inglês Sir Isaac Newton em 1704, com a publicação da Obra *Opticks*, sequência de três livros, no qual expõe, na forma de teoremas, as experiências sobre reflexão, refração, dispersão e decomposição da luz no prisma, onde esta a teoria do arco-íris (BASSALO, 1997).

Segundo Rocha et al (2015), Newton mostrou não só que a luz branca é uma mistura de cores, mas também que o índice de refração é diferente para cada cor; no caso do arco-íris, as gotículas de água da chuva fazem o papel do prisma. Entretanto, apesar de ter elaborado a explicação para as cores do arco-íris, Newton não foi o primeiro a relacioná-lo com os fenômenos da reflexão e refração da luz.

Outros estudiosos também já haviam contribuído com tal conhecimento, entre eles Aristóteles, no século IV a. C., e o monge alemão Teodorico de Freiberg em 1304. Aristóteles

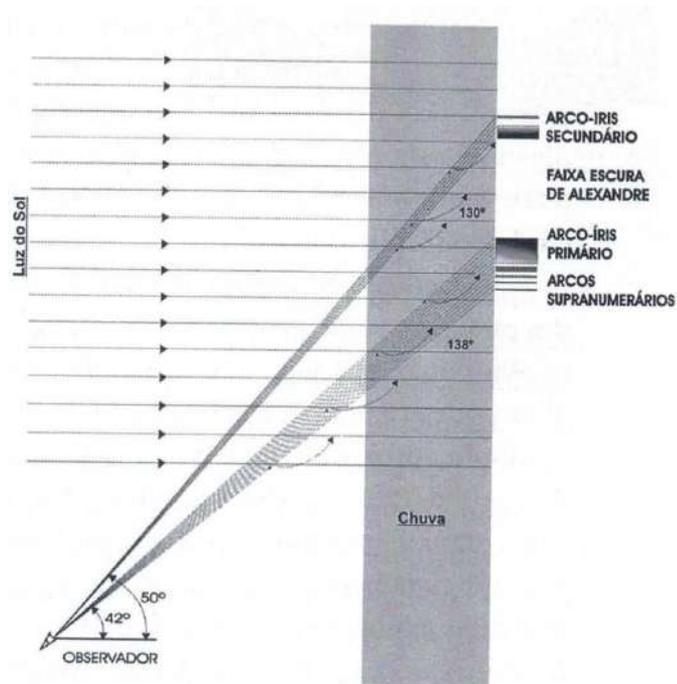
fez a suposição de que o arco-íris deveria estar relacionado com a reflexão da luz do sol pelas nuvens; também observou que o fenômeno deveria acontecer para qualquer ângulo, embora soubesse que quanto mais alto estivesse o sol, mais baixo seria o arco-íris (ROCHA et al, 2015).

Já Freiberg realizou experimentos com esferas cristalinas ocas, com água e sendo colocadas na trajetória dos raios solares, comprovando sua hipótese de que o arco-íris é uma combinação de refração e reflexão da luz solar por partículas de chuva, individualmente, e não de forma coletiva, como pensava Aristóteles (ROCHA et al 2015).

No experimento de decomposição da luz branca ao atravessar um prisma, Newton observou o aparecimento de sete cores: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta. Desde então, a expressão “sete cores do arco-íris” introduziu-se na linguagem corrente (BEM-DOV, 1996). Ainda segundo o autor, Newton após a decomposição da luz branca no primeiro prisma, fez outro experimento introduzindo um segundo prisma, e assim conseguindo recompor a luz branca, demonstrando dessa forma que a “luz branca” é a mistura de todas as cores.

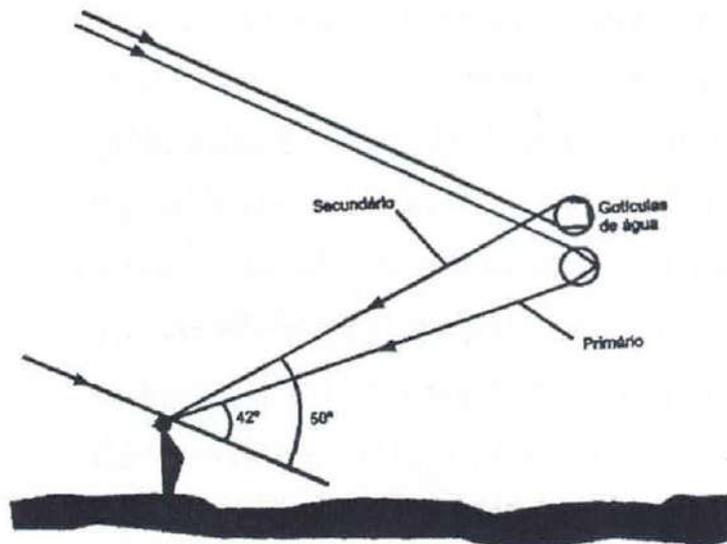
Outro cientista que colaborou para a compreensão do arco-íris foi o polonês Wite (1225-1275) que teria realizado um experimento semelhante ao de Freiberg, sendo capaz de reproduzir tanto o arco-íris primário quanto o secundário, conforme Figuras 08 e 09, compreendendo que o arco-íris primário é formado por raios que entram na gotícula e sofrem uma reflexão na sua superfície interna, e o arco-íris secundário é formado quando o raio sofre duas reflexões na parte interna da gota de água, sendo mais alto e com cores amenas (ROCHA et al 2015).

Figura 08: Geometria do arco-íris.



Fonte: Rocha et al (2015).

Figura 09: A reflexão no caso do arco-íris primário e secundário.



Fonte: Rocha et al (2015).

Ainda segundo Rocha et al (2015), Teodorico observou que a ordem das cores do arco-íris secundário aparecia de forma invertida em relação à do primário e que suas cores chegavam em nossos olhos vindas de diferentes conjuntos (arcos) de gotículas de água. Os trabalhos de Teodorico teriam permanecidos desconhecidos por três séculos, sendo descobertos por Descartes que os utilizou para elaborar as leis das reflexões e da refração.

Outro ponto importante não determinado por Aristóteles foi o valor do ângulo de visão, entre a direção dos raios solares incidentes e os refletidos pelas gotas de água até o observador, conforme visto na figura 08. Isto só foi definido pelo inglês Roger Bacon, em 1266, como sendo de quarenta e dois graus (ROCHA et al, 2015). Já Teodorico foi capaz de notar que o ângulo ente os raios incidentes e emergentes para o arco-íris secundário era maior oito graus, ou seja, cinquenta graus. Só em 1637, Descartes explicaria a existência destes ângulos característicos, em sua *La Dioptrique*, a partir da sua lei da refração da luz.

Capítulo 3

Metodologia

Neste capítulo, iremos descrever o local (escola) onde foi aplicada a proposta investigativa, começando pelos dados geográficos do município, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), frisando a economia, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), dados educacionais etc, entre outras informações do município e da escola onde desenvolvemos nosso trabalho. A seguir, apresentaremos a metodologia adotada na pesquisa e quais as ferramentas e os recursos que foram utilizadas no desenvolvimento e na avaliação da proposta investigativa.

3.1 Lócus da pesquisa

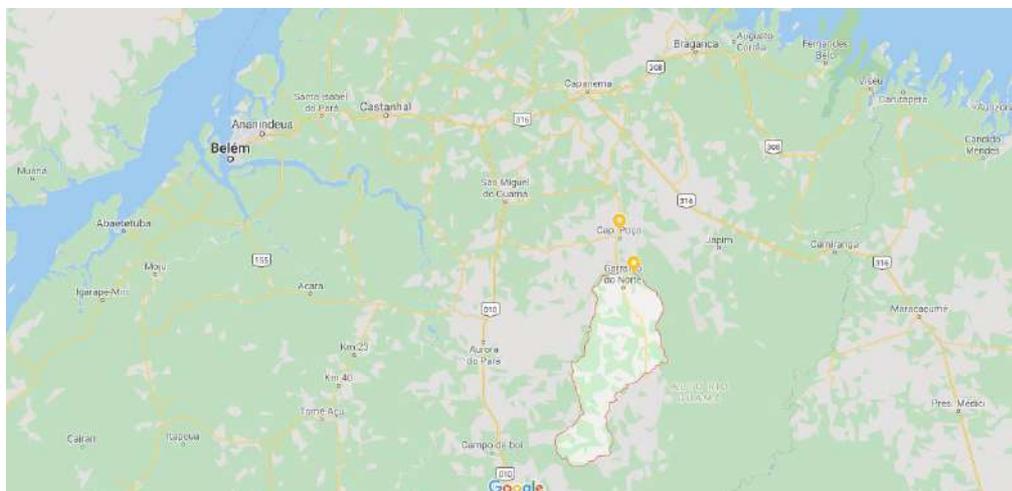
Esse trabalho se define como um relato de experiência juntamente com uma pesquisa qualitativa, pois buscamos a análise de dados coletados por meio de ação pedagógica com alunos de uma turma de terceiro ano do ensino fundamental, através de análise de filmagem, áudio, observação e relatos escritos, seguindo a forma em que foram apresentados e registrados, da aplicação de uma proposta didática com enfoque investigativo, que visa contribuir com o LC dos alunos do referido ano, por meio do ensino de Ciências. O trabalho de pesquisa foi realizado com uma turma de vinte e cinco alunos de uma escola pública de ensino fundamental, no município de Garrafão do Norte, no estado do Pará.

De acordo com o *Google Maps* (2020), o município de Garrafão do Norte fica localizada no nordeste paraense, a 266 km da capital do estado do Pará (Belém), acessado pela PA-254, com uma área territorial de aproximadamente 1.600 km² segundo o IBGE (2015), e com uma população em torno de 25.000 habitantes segundo o censo de 2010, assim ocupando no estado a posição 86^o em população, perfazendo uma densidade demográfica de 15,66 hab/km².

Ainda segundo o IBGE (2017), o salário médio mensal ou renda per capita é de 2,0 salários mínimos e a proporção de pessoas ocupadas em relação à população total no referido ano era de 5,3%. Na comparação com os outros municípios do estado do Pará, ocupava as posições 51 de 144 e 110 de 144, respectivamente. Já na comparação com cidades do país todo, ficava na posição 1938 de 5570 e 5111 de 5570, respectivamente. Considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, tinha 54,9% da população nessas condições, o que o colocava na posição 18 de 144 dentre as cidades do estado e na posição 482 de 5570 dentre as cidades do Brasil. Em 2010 o município apresentou

o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) Municipal 0,526. A localização do município de Garrafão do Norte no nordeste paraense está representado na figura 10.

Figura 10: Localização do município de Garrafão do Norte no nordeste do Pará



Fonte: Google maps, 2020

Em relação à educação no município, em se tratando do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB, 2017), o município obteve nota 3,7 no 5º ano do EF, mesma nota atribuída ao 9º ano, sendo que a meta para aquele ano, de acordo com o MEC era 4,2 para o 5º ano e 4,3 para o 9º ano no município.

Em relação ao sistema educacional do município, o mesmo é municipalizado, ou seja, é competência do município de Garrafão do Norte o EF do 1º ao 9º ano de seus municípios, sendo que na cidade há apenas duas escolas que atendem a população estudantil; as demais ficam localizadas nos interiores, distantes em média 20 km da sede do município. Para suprir a demanda de estudantes, as escolas da cidade funcionam em quatro turnos (Tabela 05).

Tabela 06: Turnos e horários de funcionamento das escolas na cidade de Garrafão do Norte.

TURNOS E HORÁRIOS DE FUNCIONAMENTO DAS ESCOLAS	
Turno	Horário
Manhã	07:00 as 10:45
Intermediário	11:00 as 14:45
Tarde	15:00 as 18:45
Noite	19:00 as 22:15

Fonte: Os autores (2020)

A escola onde desenvolvemos a proposta investigativa está localizada na zona urbana do município, dispondo de 16 salas de aulas, atendendo turmas do 1º ao 9º do EF e também

turmas da Educação de Jovens e Adultos (EJA), nos quatro turnos de funcionamento. De acordo com a secretaria da escola, foram matriculados 1453 alunos no ano de 2019. Os alunos que frequentam a escola são da cidade e do interior, sendo pela parte da manhã e intermediário o público em grande maioria alunos da zona urbana, isso devido apenas à disponibilidade do transporte escolar, que uma parte é terceirizada, ser somente à tarde, os alunos que frequentam o referido turno são em quase sua totalidade do interior.

A média do IDEB no EF anos iniciais foi 3,4 no ano de 2017, ficando abaixo da média municipal, e do ensino fundamental maior não foi divulgado devido o número de participantes no Sistema de Avaliação da Educação básica (SAEB) ser insuficiente para que os resultados sejam divulgados. A média do EF menor ficou abaixo da meta estipulada pelo MEC para aquele ano que foi de 4,3. Nas figuras 11 e 12, temos a entrada e o interior da escola.

Figura 11: Escola municipal onde a proposta didática foi aplicada



Fonte: Os autores (2020)

Figura 12: Interior da Escola municipal onde a proposta didática foi aplicada



Fonte: Os autores (2020)

As salas de aulas da escola, ver Figuras 13 e 14, não dispõem de climatizadores de ar, somente ventiladores; dessa forma, no verão, devido ao clima equatorial, algumas salas que ficam expostas ao sol têm temperaturas elevadas, prejudicando o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem; outro fator que impede o bom andamento das atividades em sala de aula é a falta de merenda escolar durante alguns meses do ano. Assim, para amenizar o problema, os gestores optaram por diminuir o tempo de aula no EF anos iniciais em cerca de 45 minutos por dia, o que implica em uma perda significativa no planejamento, devido a redução da permanência dos alunos na escola.

Figura 13: Salas de aula (vista externa)



Fonte: Os autores (2020)

Figura 14: Sala de aula (vista interna).



Fonte: Os autores (2020)

A escolha dessa escola deve-se ao fato do professor mestrando pertencer ao quadro efetivo no cargo de professor de Ciências Físicas e Biológicas (CFB) do município, estando lotado na escola desde o ano de 2012, porém, desempenhando suas funções de docente nas turmas de 6º a 9º anos. Com a promulgação da BNCC em dezembro de 2017, que traz uma grande ênfase no processo de LC desde os primeiros anos do EF, houve uma preocupação por parte do mestrando em contribuir com esse processo, em particular com os conteúdos que envolvam os conhecimentos físicos, pois o mestrando tem graduação em licenciatura em física, optando pela metodologia de ensino por investigação para elaboração da proposta investigativa e assim contribuir no processo de entendimento da interação da luz com corpos transparentes, como está disposto na unidade temática matéria e energia da BNCC para 3º ano do EF anos iniciais.

3.2 Descrição geral do processo de construção da proposta

A proposta foi desenvolvida em torno dos conteúdos de física, especificamente da passagem da luz através de corpos transparentes, que é essencial para a compreensão da refração. Para tanto, foram elaborados dois textos, um com linguagem mais acessível ao EF séries iniciais, que foi utilizado na proposta investigativa e outro com adequação para o EF anos finais (Apêndice), criado pelos autores para iniciar os processos de questionamentos sobre a dispersão da luz, e a formação do arco-íris, explorando os conhecimentos que os alunos já tinham sobre o assunto. Durante o processo de experimentação, os alunos tiveram a

oportunidade de manipular alguns objetos como: laser, lanterna e prismas caseiros (SOGA, KOHATSU e MURAMATSU, 2018), para observarem a passagem da luz através dos prismas, verificando se houve mudança de cor ou de direção da mesma. Vale ressaltar que na experimentação, os prismas foram cheios em alguns momentos com mel, óleo de cozinha e água, e depois iluminados com luz do sol.

Este processo de investigação visou potencializar o senso de descoberta dos alunos, trabalhando de forma investigativa os conceitos de refração e decomposição da luz branca; para isso, foram utilizados no processo de sistematização coletiva um simulador computacional (*phet simulations*, da Universidade do Colorado - EUA) e desenhos animados que tratam do assunto, de forma lúdica, como o “Show da Luna” e “De onde vem?”. Além disso, ocorreu um processo argumentativo em que os alunos foram estimulados a justificarem seus pontos de vista e houve ao término o momento de sistematização individual (CARVALHO et al. 2018), onde cada aluno expressou o que aprendeu na proposta investigativa através de desenhos e relatos escritos.

3.3 Processo de análise do material coletado

Durante cada etapa da proposta investigativa, os alunos preencheram quadros, a partir de questionamentos que iam sendo propostos. Desse modo, o processo avaliativo visava buscar a aprendizagem atitudinal e procedimental, pois tais instrumentos de avaliação precisam ter as mesmas características que o ensino proposto (CARVALHO et al, 2018).

Vale salientar que além de buscar a evolução dos alunos na linguagem escrita, houve a análise dos vídeos e áudios das aulas, colhendo nos discursos dos alunos avanços no LC, sendo que este processo de avaliação se opõe ao tradicional: como salientado por Carvalho et al (2018), a avaliação não deve ter caráter somativo, que visa classificação dos alunos, mas sim, uma avaliação formativa que seja instrumento para que alunos e professor confirmem se estão ou não aprendendo.

Para Kindel (2012), a avaliação faz parte do processo de ensino: avalia-se o aluno, o planejamento e o trabalho do professor e também da escola. Avaliar é necessário, então, para que se tenha uma percepção do desempenho dos papéis de cada um na dinâmica escolar. Assim, neste processo pretende-se detectar a evolução dos alunos durante a proposta didática, como também analisar o desenvolvimento do trabalho planejado.

Capítulo 4

A proposta investigativa desenvolvida e aplicada

Para a elaboração da proposta didática para alunos do 3º ano do EF series iniciais, foram observados alguns aspectos da teoria de Piaget. Conforme ressaltam Nogueira e Leal (2012), as crianças nesta etapa escolar estão na fase que Piaget classificou como estágio operacional concreto, compreendida dos 7 aos 11 ou 12 anos de idade, período este de novas construções mentais de modo ininterrupto, sendo capazes de estabelecer relações entre as transformações de estados e coisas. Ainda de acordo com os autores, é nesta fase que a criança tem a necessidade de explicar suas ideias, deixando de agir pela percepção e passando a usar a razão, assim, sendo capaz de realizar operações mentais apoiadas no que existe de concreto.

Também foram observadas proposições de Vygotsky, que ressalta que o aprendizado e o desenvolvimento das funções mentais são imprescindíveis para o surgimento dos conceitos científicos, e afirma ainda que, para conceber a relação entre estes últimos e os conceitos cotidianos, é necessário analisar o período escolar (NOGUEIRA E LEAL, 2012). Para Carvalho et al. (2018), ao contrário do que se pensava em haver um conflito entre as teorias dos dois autores citados, há uma complementariedade entre as ideias desses dois campos do saber quando aplicadas em diferentes momentos e situações do ensino e da aprendizagem em sala de aula.

Portanto, na construção da Proposta Investigativa – o Sonho do Camaleão – que visou construir o conceito de refração, a partir da decomposição da luz branca e da mudança de direção da mesma ao atravessar objetos translúcidos, foi observada a faixa etária dos alunos com quem se trabalhou. Optamos por utilizar aspectos semelhantes aos de uma SEI proposta por Carvalho et al. (2018), Carvalho (2014) e do conhecimento físico de Carvalho et al. (2009).

A proposta investigativa (Apêndice) foi dividida em cinco etapas, que buscaram envolver os alunos em um processo de investigação e assim contribuir para o LC. Na primeira etapa, os autores elaboraram um texto com linguagem acessível ao nível de desenvolvimento dos alunos e que visava iniciar o processo de discussão do problema do personagem da “história”. Para Carvalho (2014),

A leitura de um texto pode ser apenas informativa, mas também pode gerar discussões, no sentido dos alunos levantarem opiniões, hipóteses, argumentos, trabalhando em grupo, utilizando, assim, algumas características do trabalho investigativo.

O papel do professor, nestes momentos, é o de fomentar as discussões, apresentar questões e mediar o trabalho dos alunos, transformar a leitura em uma atividade de resolução e discussão de problemas e questões.

A seguir apresentamos o texto, intitulado “O Sonho do Camaleão” (Quadro 02).

Quadro 02 – Texto da situação Problematizadora.

O SONHO DO CAMALEÃO

O Senhor Camaleão mora na floresta. Sempre que aparece um inimigo, ele muda de cor. Geralmente, ele está verde, da cor das folhas. Outras vezes, ele está marrom ou amarelo. O Senhor Camaleão só não consegue ficar colorido e seu sonho é ficar como o arco-íris. Um dia, a coruja teve uma ideia e lhe disse:

- Amigo, posso lhe emprestar as minhas asas. Você vai ao céu e pergunta para o arco-íris:
- O que devo fazer para ficar colorido?

O Senhor Camaleão voou e a Coruja ficou sem as asas.

Durante horas o Senhor Camaleão voou e quase se perdeu. Não conseguiu alcançar o arco-íris e assim entender o porquê de suas cores.

Voltou, devolveu a asas da coruja, e exclamou tristonho:

- Não vou realizar meu sonho de ficar como o arco-íris...

Fonte: Os autores (2020)

Após dividirmos a turma em equipes e distribuir a folha contendo o texto, “O Sonho do Camaleão”, seguida da leitura individual e depois coletiva, propusemos aos alunos alguns questionamentos que estavam escritos na mesma folha do texto:

“Que pergunta você faria ao observar a situação do texto?” e

“Após observar a pergunta do personagem do texto, escreva ideias que podem responder à sua pergunta?”.

Nesta fase, os alunos devem formular perguntas e esboçar ideias a partir dos seus conhecimentos cotidianos de mundo, pois:

Nos anos iniciais, as crianças já se envolvem com uma série de objetos, materiais e fenômenos em sua vivência diária e na relação com o entorno. Tais experiências são o ponto de partida para possibilitar a construção das primeiras noções sobre os materiais, seus usos e suas propriedades (BRASIL, p. 325, 2017).

Na segunda etapa, que denominamos de “Problema e Hipóteses” recolhemos a folha que tinha o texto e os primeiros questionamentos com os dados anotados pelos alunos e entregamos uma nova folha que tinha três novas indagações:

- a. *O que é necessário para que se forme um arco-íris?*

b. Escreva as hipóteses acima no formato que segue:

Se Então....

c. Por que essas hipóteses? Dê motivos para convencer seus colegas de classe.

O objetivo deste procedimento era trabalhar com os alunos a capacidade de elaboração de hipóteses e argumentação na tentativa de justificar suas ideias, como também conseguirem relacionar as condições do fenômeno e as possíveis relações entre variáveis.

Para Zompero e Laburú (2016), a expressão de hipóteses por parte dos alunos permite que eles exponham seus conhecimentos prévios, já que para a formulação, os alunos baseiam-se em seus conhecimentos, que se encontram organizados na estrutura cognitiva. Carvalho (2014) complementa que muitas vezes a “solução” para o problema colocado parece simples, quando trabalhamos questões do cotidiano do aluno, porém nenhum aluno possui uma explicação científica para o que está sendo estudado. Ainda de acordo com a autora, o papel do professor é de construir com os alunos essa passagem do saber cotidiano para o saber científico através da investigação e do próprio questionamento acerca do fenômeno.

Com os alunos ainda em grupo, recolhemos a folha do “Problema e Hipóteses”, e iniciamos a fase que chamamos de “Desenho Experimental”. Nesta etapa, o importante não é o conceito que se quer ensinar, mas as ações manipulativas que dão condições aos alunos de levantarem ou testarem hipóteses (CARVALHO et al. 2018).

Para iniciar esta etapa, foram lidas e discutidas inicialmente em uma roda, as hipóteses levantadas pelas equipes, com o objetivo de juntos chegarem a uma única hipótese de investigação. Esta discussão inicial na etapa de Desenho Experimental é importante para direcionar os estudantes para a hipótese de trabalho, proposta pelo professor, e condizente com o material de experimentação disponível. O professor deve, portanto, ser capaz de mediar à discussão de forma que a hipótese de investigação a ser trabalhada seja construída conjuntamente com os estudantes e não simplesmente imposta por ele à sala.

A seguir, foram distribuídos às equipes os materiais da experimentação: laser, lanterna e três prismas caseiros. Neste momento, os alunos devem se familiarizar com os materiais, pois, quando começam a agir para conhecer os objetos, para ver como funcionam, os alunos ainda não sabem como resolver o problema, mas já constroem novas hipóteses, relacionando suas variadas ações e as correspondentes reações dos objetos (CARVALHO, 2009). A Figura 15 apresenta os materiais utilizados.

diferentes, assim caracterizando como demonstrações investigativas (CARVALHO, 2014). Podemos ressaltar que em cada momento experimental, os alunos anotavam uma “previsão”, ou seja, o que eles achavam que ia ser observado em cada etapa do experimento e ao lado os dados observados, verificando alguns aspectos, como: mudança de cor da luz após atravessar o prisma, alteração na direção da luz e espalhamento (decomposição) da luz. Durante a realização da proposta o aplicador, junto com a professora da classe, sempre passava nas mesas dos grupos para certificar-se que todos os alunos estavam participando, se tinham compreendido as perguntas e realizado as anotações. A Figura 16 apresenta os materiais utilizados no segundo desenho experimental.

Figura 16: Materiais utilizados no desenho experimental 2.



Fonte: Os autores (2019)

Após os testes feitos pelos alunos e da parte demonstrativa investigativa feita pelos professores (aplicador e da classe), foi recolhido o material e iniciou uma discussão sobre o que eles conseguiram observar e concluir. Nesta quarta etapa, denominada “Resultado e Discussão”, as equipes foram desfeitas, as cadeiras arrumadas em forma de círculo e o professor aplicador pediu para os alunos relatarem o que tinha acontecido até o momento na aula e “como” foi feito para reproduzir o arco-íris, quais as estratégias deram certo e as que não deram, com quais materiais foi possível obter o fenômeno e depois o porquê ocorre o fenômeno.

Em seguida, após todos terem participado das discussões, ocorreu o processo de sistematização coletiva do conteúdo, onde os alunos observaram uma simulação computacional manipulada pelo professor aplicador (*phet simulations*, da Universidade do

Colorado - EUA), que visava demonstrar os processos de interação da luz com corpos translúcidos, seguida da exibição do desenho animado Show da Luna com o episódio “O arco-íris”, que trata do assunto e ilustra o processo que os alunos fizeram.

Na quinta etapa, “Sistematização individual”, pediu-se para os alunos que expressassem em forma de desenho ou texto o que haviam aprendido na aula. Para Carvalho et al. (2018)

Está é a etapa da sistematização do conhecimento. Durante a resolução do problema os alunos construíram uma aprendizagem social ao discutir primeiros com seus pares e depois com a classe toda sob a supervisão do professor. É necessário, agora, um período para a aprendizagem individual. O professor deve, nesse momento, pedir que eles escrevam e desenhem sobre o que aprenderam na aula.

A avaliação referente à proposta investigativa teve como base uma análise qualitativa feita pelo professor sobre as evidências ou não de desenvolvimento por parte dos alunos sobre a interação da luz com corpos translúcidos, bem como sobre o processo de LC.

É importante destacar que a Proposta Investigativa que visa construir o conceito de refração com alunos do 3º ano do EF, foi planejada para ser executada durante um encontro que levaria o período todo de um dia, ou seja, na escola em que aplicamos, escolhemos o turno da manhã (das 07:00 às 10:45). Entretanto, como não havia merenda na escola e assim não foi possível finalizar em apenas um encontro, adaptamos para dois, ocorridos em duas semanas seguidas.

A aplicação da proposta ocorreu na segunda e terceira semana de novembro – 14/11 e 21/11/2019. Dessa forma, no primeiro encontro desenvolvemos a situação problematizadora com a leitura do texto, a elaboração das perguntas a partir do texto e a geração do problema e o levantamento de hipóteses. Ainda neste primeiro encontro, foi realizado o desenho experimental, desenho I, teste com lanterna, laser e luz do sol iluminando o prisma vazio, desenho II, iluminar os prismas cheios com mel, óleo de cozinha e água com luz do sol, pelas equipes, com observações e discussões nas mesmas. Após o recolhimento dos materiais, partimos para a conversa no círculo “grande” com a turma toda, onde foi solicitado aos alunos que relatassem o que fizeram e observaram até aquele momento da aula. Ainda neste primeiro momento, para sistematização houve a simulação computacional (Figura 17) e a exibição no projetor do desenho Show da Luna com o episódio “O Arco-Íris”. Devido à falta de merenda as crianças foram liberadas mais cedo neste dia.

Figura 17: Simulador Computacional Phet Simulation



Fonte: Os autores (2019)

A turma em que desenvolvemos a proposta é composta por 25 alunos, sendo que no primeiro encontro faltaram quatro deles. Assim, no segundo encontro a turma estava completa, todavia, para iniciar as atividades e integrar os alunos faltosos no tema, pedimos que alguns alunos que estiveram no encontro anterior que relatassem a história do personagem da aula passada; também foi lembrado pelo professor aplicador os questionamentos que foram levantados (hipóteses), e a fase experimental desenvolvida com as respectivas observações feitas.

Como os alunos já tinham observado a formação do arco-íris, com a passagem da luz do sol através do prisma cheio de água, mas não tinham percebido que havia uma mudança de direção da luz, elaboramos um novo desenho experimental. Propomos uma nova situação problema: se iluminarmos com laser os prismas cheios com água, óleo de cozinha e mel, o que acontece com a luz do laser? Seguimos com a elaboração das hipóteses, depois a testagem e as observações. Para comparar os resultados com as hipóteses, sendo que isto se deu com o formato de demonstração investigativa pelo professor aplicador, que estava preocupado com o horário do término de aula.

Na sequência, foi exibido o desenho animado “De onde vem?”, que tem como protagonista a personagem “Kika” com o episódio “De onde vem o arco-íris?”. No processo de sistematização individual solicitamos aos alunos que criassem um desenho sobre o tema estudado na aula e descrevessem o que haviam investigado e aprendido sobre a passagem da luz através de objetos translúcidos.

No próximo capítulo, será apresentada a análise dos resultados da proposta investigativa, bem como os avanços no processo de LC dos alunos.

Capítulo 5

Análise dos Resultados e Discussões

Para a análise dos resultados, serão utilizados os materiais produzidos pelos estudantes na aplicação da proposta investigativa, bem como a transcrição dos vídeos produzidos durante a aplicação da proposta didática. Ao longo de cada etapa da SD, alguns alunos se identificaram colocando o nome nas folhas de cada fase e outros não; dessa forma, não seguiremos o processo evolutivo de cada aluno, mas levaremos em consideração a análise geral dos dados.

A análise seguirá a ordem cronológica da proposta investigativa – O sonho do Camaleão – que segue a ordem abaixo das ações de obtenção dos dados (escritos, desenhos dos alunos, interações verbais e argumentação) em relação à construção do conceito de refração:

- 1 – Situação Problematizadora (a, b, c);
- 2 – Problema e Hipóteses (a, b, c);
- 3 – Desenho Experimental (I e II);
- 4 – Resultado e Discussões (sistematização Coletiva);
- 5 – Sistematização Individual.

Em seguida, serão apresentadas as discussões acerca de cada etapa, buscando evoluções no processo de LC dos alunos em cada fase.

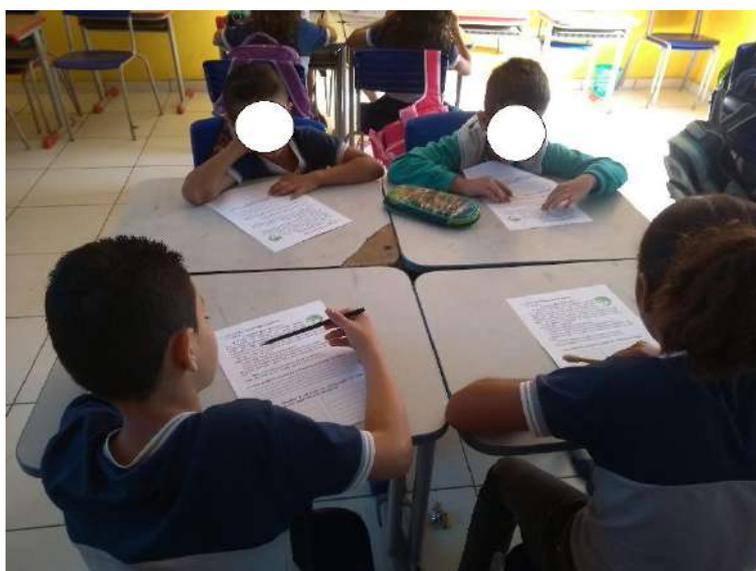
5.1 Situação Problematizadora

A leitura do texto tem como objetivo motivar as crianças a se envolverem com o problema do personagem da história, levando em consideração o nível de letramento dos alunos, bem como relacionar as informações contidas no texto com os conhecimentos prévios dos alunos. Também foi utilizada como situação do cotidiano para analisar dentro de um contexto de aula de ciências.

Apesar de os discentes estarem no terceiro ano do EF, alguns não estavam alfabetizados ainda: um total de quatro alunos dos vinte e cinco da turma, portanto, não

conseguiram ler o texto. Assim, após a leitura individual, Figura 18, o professor aplicador realizou a leitura de forma coletiva.

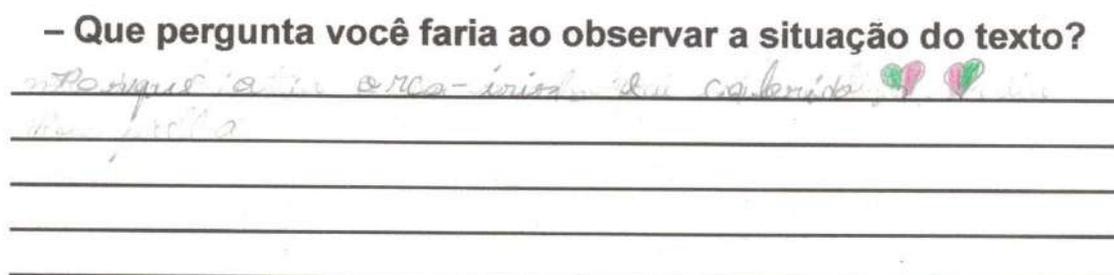
Figura 18: Alunos lendo o texto da situação problematizadora.



Fonte: Os autores (2019)

Após a leitura do texto, na mesma folha, aos alunos foi solicitado que respondessem a duas questões, sendo a primeira: “Que pergunta você faria ao observar a situação do texto?”. Nas respostas apresentadas, um número significativo de alunos expressou a curiosidade de entender o porquê de o arco-íris ser colorido, como podemos ver na Figura 19.

Figura 19: Pergunta do aluno sobre o arco-íris.



Fonte: Situação Problematizadora (2019)

Outro aluno, além de questionar “por que o arco-íris é colorido”, também comentou, “mas não tem cinza, branco e nem preto?”, com correções; provavelmente, este aluno não tinha conhecimento de que a cor branca é composta por todas as cores e que o preto é devido ausência de cor, como mostra a Figura 20.

Figura 20: Pergunta feita por aluno após a leitura do texto.

– Que pergunta você faria ao observar a situação do texto?
Por que o arco-íris é colorido
mas não tem cinza nem branco
nem preto?

Fonte: Situação Problematizadora (2019)

Houve também alunos que não conseguiram levar o questionamento para o lado científico, e sim para o desfecho da história, no sentido do personagem conseguir seu objetivo, conforme figura 21, aconselhando, "eu não desistia do sonho, que um dia se realizará", com correções.

Figura 21: Resposta do aluno sobre o texto.

– Que pergunta você faria ao observar a situação do texto?
eu não desistia do sonho que um dia se
realizara. 

Fonte: Situação Problematizadora (2019)

Os dados das respostas escritas pelos alunos foram agrupados em um gráfico, sendo classificados em cinco categorias:

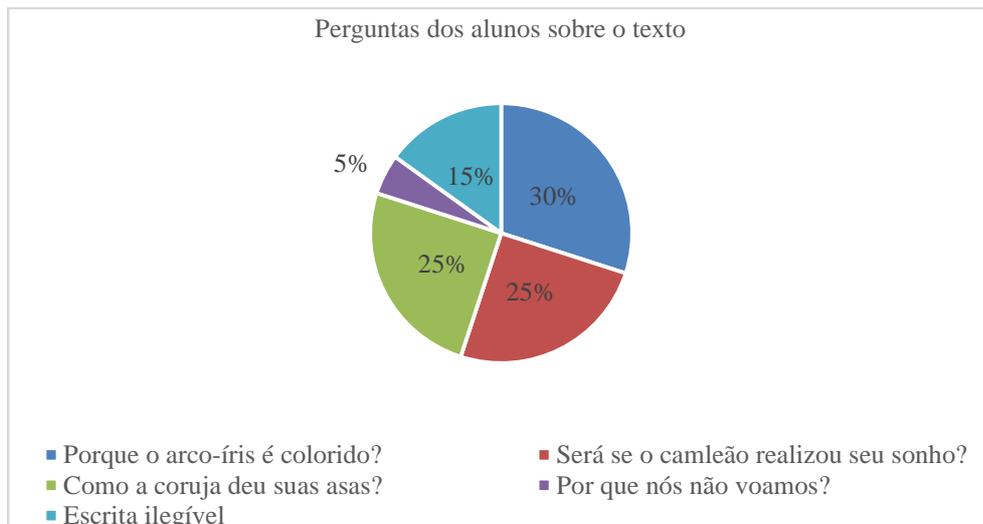
1. Por que o arco-íris é colorido?
2. Por que nós não voamos?
3. Como a coruja deu as suas asas?

4. O camaleão realizou o seu sonho?

5. Escrita ilegível.

Os resultados são apresentados no Gráfico 02.

Gráfico 02: Seleção das perguntas dos alunos agrupadas por categoria.



Fonte: Situação Problematizadora (2019)

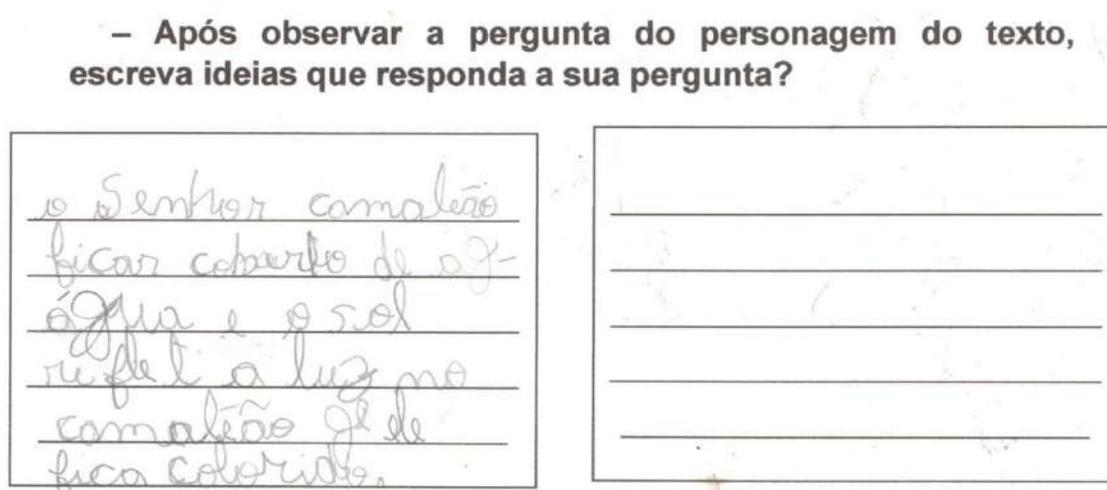
Vemos assim que metade das perguntas (1 e 2) podem ser consideradas científicas, tendo sido formuladas por 35% da turma. Além disso, 25% dos alunos não possuem o nível de abstração para compreender que a expressão “a coruja deu suas asas ao camaleão” é uma parte fictícia que tem por objetivo ilustrar uma possível solução para a história, inserida no contexto de uma fábula.

A capacidade de formular uma pergunta que seja científica está diretamente relacionada com o entendimento da natureza da ciência e do processo de LC. Atividades investigativas bem conduzidas evoluem a partir de questões que são significativas e relevantes para os estudantes, e também devem ser respondidas pelas observações e conhecimentos científicos dos estudantes, oriundos de fontes confiáveis (ZOMPERO E LABURÚ, 2016). Esta capacidade envolve compreender que existem perguntas que não são passíveis de investigação, que em geral estão relacionadas com opiniões pessoais. O primeiro passo de uma investigação científica, e de certa forma, o coração do processo investigativo é uma pergunta científica bem formulada. Em geral, esta capacidade não é trabalhada nos contextos escolares.

No segundo questionamento da situação problematizadora, propusemos aos alunos o seguinte: “Após observar a pergunta do personagem do texto, escreva ideias que respondam a sua pergunta”. Nesta etapa, foi também explicado aos alunos que deveriam buscar respostas a pergunta formulada pelo Camaleão (“o que devo fazer para ficar colorido?”). Como estava escrito na mesma folha que o texto e a pergunta inicial, foi possível analisar algumas respostas dos alunos e verificar o que eles tinham de conhecimento prévio sobre o assunto.

Na Figura 22, está a resposta do aluno da pergunta da Figura 20. Pode-se verificar que o aluno já tinha conhecimento de que para surgir o arco-íris é necessário água e luz do sol (duas variáveis independentes). O relato do aluno foi também registrado em vídeo: “Se o senhor camaleão ficar coberto de água e o sol refletir a luz no camaleão ele ficará colorido”, com correções.

Figura 22: Resposta 1 do aluno ao questionamento: como o camaleão ficaria colorido.

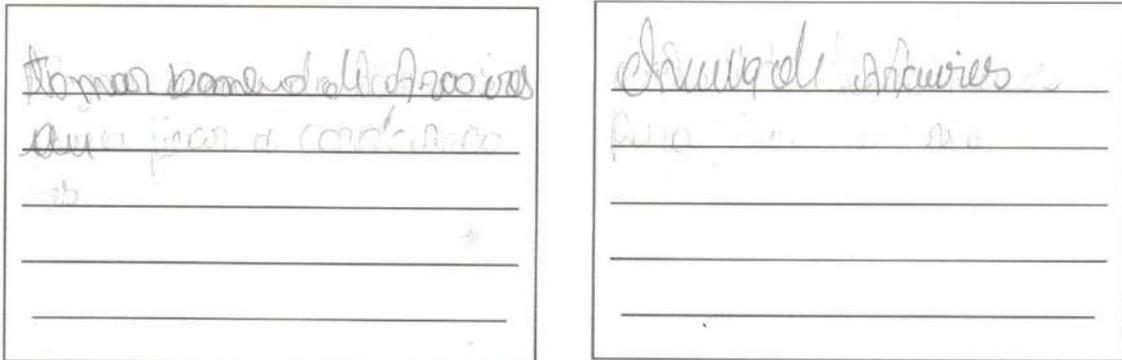


Fonte: Situação Problematizadora (2019)

Houve alunos que ligaram o aparecimento do arco-íris apenas à variável chuva, quando relataram que, para o camaleão ficar colorido basta: “tomar banho de arco-íris” e “chuva de arco-íris”, com correções (Figura 23). Já alguns alunos não esboçaram ideias referentes à formação do fenômeno (Figura 24).

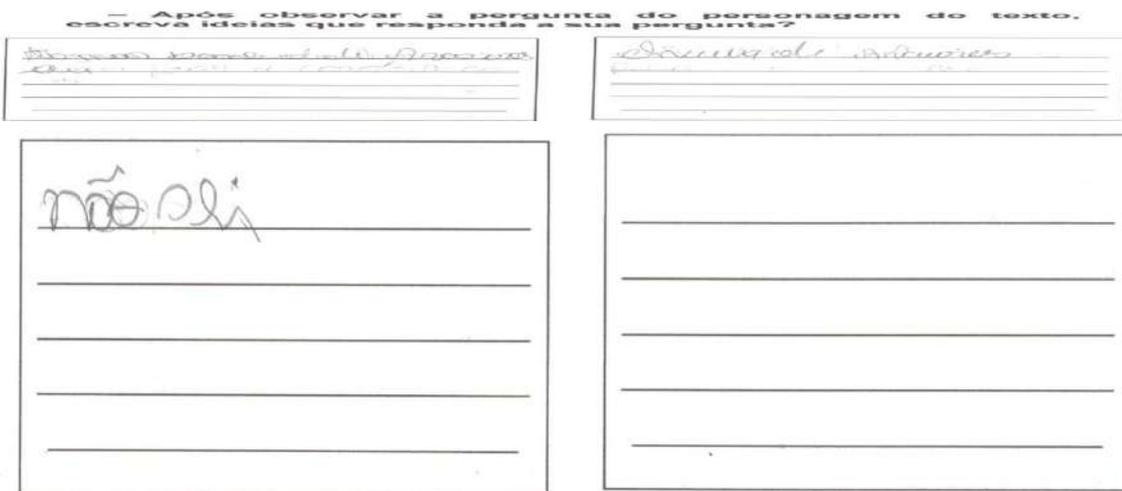
Figura 23: Resposta 2 do aluno, como o camaleão ficaria colorido.

– Após observar a pergunta do personagem do texto, escreva ideias que responderiam a sua pergunta?



Fonte: Situação Problematizadora (2019)

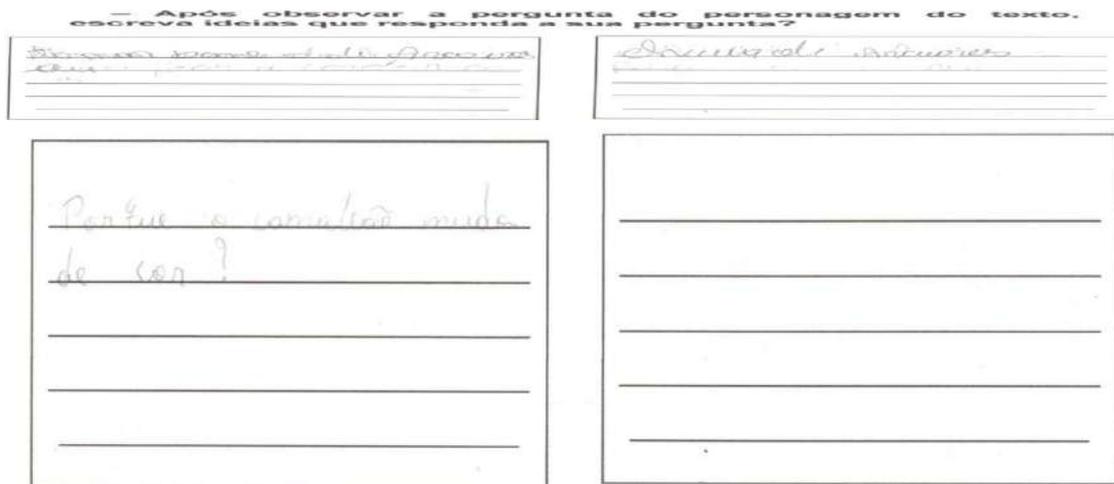
Figura 24: Resposta 3 do aluno, como o camaleão ficaria colorido.



Fonte: Situação Problematizadora (2019)

Ainda em relação ao segundo questionamento, houve um aluno que usou um raciocínio lógico para resolver o problema: “ele deve se pintar de uma cor igual do arco-íris, que pode durar anos e anos, até que ele morra”, com correções; outros alunos propuseram soluções semelhantes. Um aluno, ao invés de responder o problema do personagem, lançou outra pergunta: “Porque o camaleão muda de cor?”, como mostra Figura 25.

Figura 25: Resposta 4 do aluno, como o camaleão ficaria colorido.



Fonte: Situação Problematizadora (2019)

Podemos perceber alguns traços dos indicadores de AC, propostos por Sasseron e Souza (2017), nos relatos escritos dos alunos. Por exemplo, no relato do aluno da Figura 20 e posteriormente da Figura 22, nota-se a formulação de um problema científico e sua solução, baseados nos seus conhecimentos e envolvendo o personagem da história, se caracterizando como levantamento de hipótese, visto que pode surgir na forma de afirmação ou como de pergunta. Já no relato da Figura 23, como em outros, há o aparecimento do pensamento lógico que compreende como as ideias são utilizadas para resolver os problemas expostos. Também, aparece o indicador de levantamento de hipóteses.

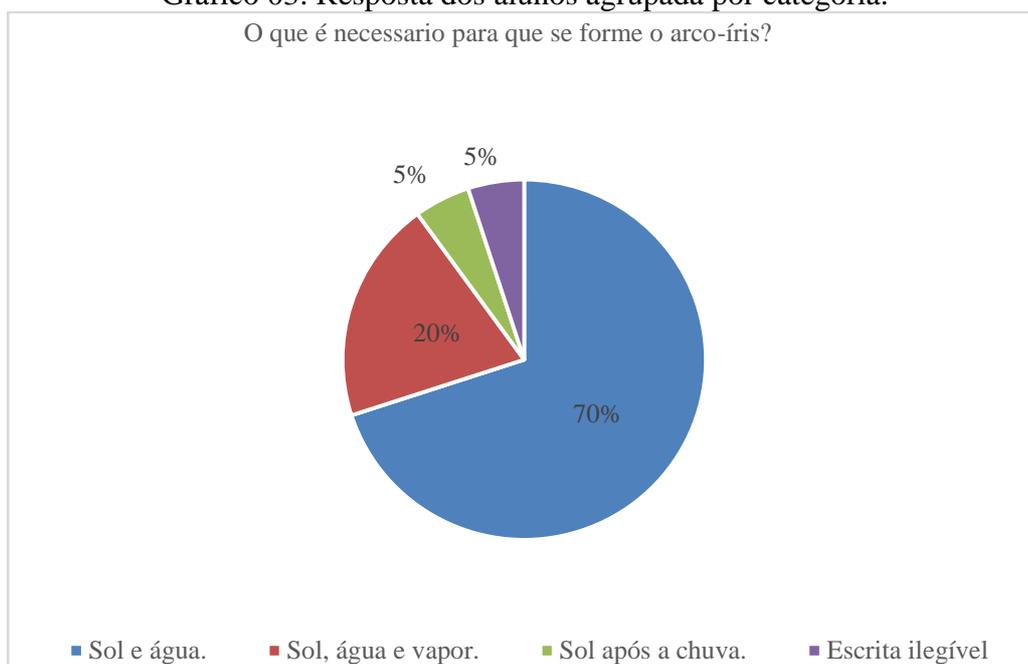
5.2 Problema e Hipóteses

Na segunda etapa da proposta, ainda com os alunos trabalhando em grupos, distribuímos para cada membro da equipe a segunda folha com três questionamentos, com a intenção de direcionar o estudo do problema para a formação do arco-íris. Assim, o primeiro perguntava: a) o que é necessário para que se forme um arco-íris?

Como estavam organizados em grupo, houve um intercâmbio de ideias entre os componentes. Estes momentos de diálogo, nos quais é permitido aos estudantes argumentar, é essencial no processo de LC. De acordo com Carvalho et al (2018), os alunos têm condições de se desenvolver potencialmente em termos de conhecimento e habilidades com a orientação de seus colegas. Para certificar que todos tinham compreendido a pergunta, o professor aplicador junto com a professora da sala percorria os grupos, perguntando se haviam entendido a pergunta. Apesar de estarem em grupo, os registros escritos foram feitos individualmente, pois poderia haver divergências de ideias dentro do grupo.

As respostas obtidas, Gráfico 03, foram agrupadas em quatro categorias: Sol e água; Sol, água e vapor; Sol após a chuva e escrita ilegível.

Gráfico 03: Resposta dos alunos agrupada por categoria.

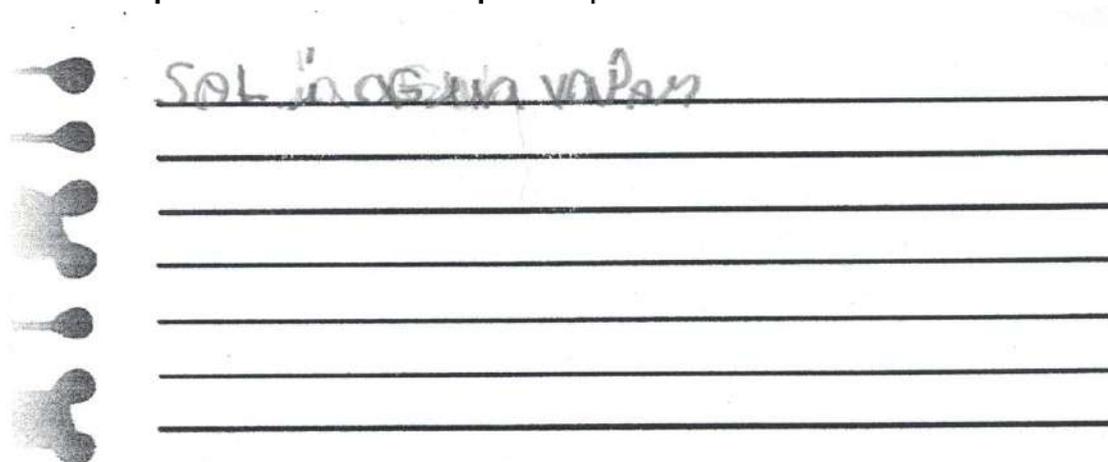


Fonte: Os autores (2019)

Como podemos perceber, a maioria dos alunos (70%) relacionou corretamente o fenômeno do arco-íris com as variáveis luz do Sol e água; outros 20%, equivalente a uma equipe, relacionou além das duas variáveis a presença do vapor, o que pelas falas dos alunos parece ser vapor d'água (Figura 26).

Figura 26: Hipótese do aluno sobre material necessário para a formação do arco-íris.

a. O que é necessário para que se forme um arco-íris?

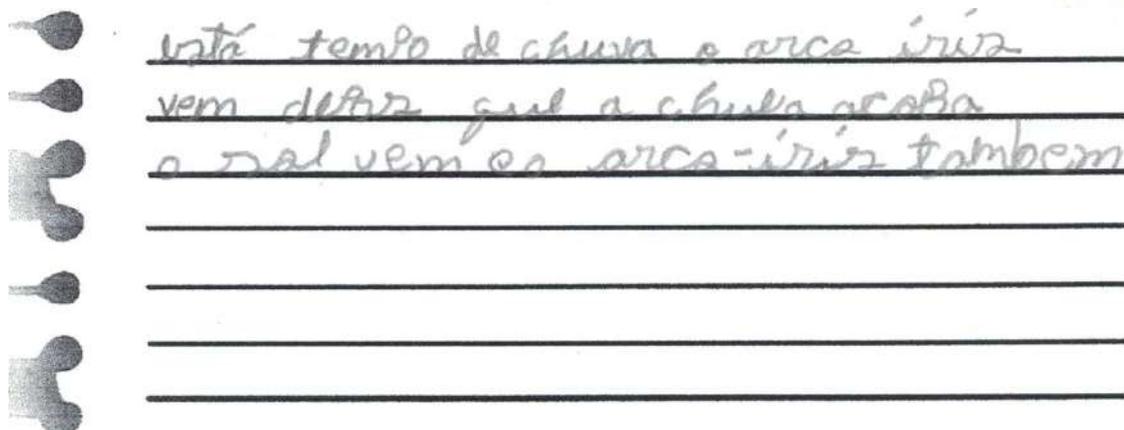


Fonte: Problema e hipóteses (2019)

No entanto, um aluno escreveu o que pode ser associado a uma hipótese, relatando dessa forma: “está tempo de chuva o arco-íris vem depois que a chuva acaba, o Sol vem e o arco-íris também”, com correções, nos seus relatos percebe-se uma ordem cronológica dos fatos (Figura 27).

Figura 27: Hipótese do aluno sobre material necessário para a formação do arco-íris.

a. O que é necessário para que se forme um arco íris?



Fonte: Problema e hipóteses (2019)

Nestes relatos, podemos observar dois indicadores de AC, os raciocínios lógico e proporcional, que se referem à interdependência entre variáveis, ou seja, as relações que elas tem entre si (SASSERON E SOUZA, 2017), bem como o levantamento de hipóteses, que fica implícito nas suposições dos alunos e nas suas afirmações.

Na continuidade, o segundo questionamento buscava desenvolver a capacidade de construir hipótese envolvendo relações causais entre variáveis. Assim, pedia-se o seguinte: b) Escreva as hipóteses acima no formato que segue – **Se então** Neste momento, alguns alunos não conseguiram organizar seus pensamentos, em condicionar as variáveis ao surgimento do fenômeno. Porém, outros entenderam e relacionaram os fatos às consequências, como podemos perceber nas Figuras 28, 29 e 30.

Figura 28: Hipótese do aluno sobre material necessário para a formação do arco-íris.

b. Escreva as hipóteses acima no formato que segue.

The image shows two rows of handwritten hypotheses. Each row consists of a box with a 'SE ...' label and a box with an 'ENTÃO ...' label, connected by a large arrow. The first row has a green arrow and the second has a black arrow.

Row 1: **SE ...** luz da água
ENTÃO ... o arco-íris

Row 2: **SE ...** as gotas da chuva
ENTÃO ... o arco-íris

Fonte: Problema e hipóteses (2019)

Figura 29: Hipótese do aluno sobre material necessário para a formação do arco-íris.

b. Escreva as hipóteses acima no formato que segue.

The image shows two rows of a hypothesis writing template. Each row consists of a box on the left with the text 'SE ...' and three horizontal lines, and a box on the right with the text 'ENTAO ...' and three horizontal lines. A large arrow points from the left box to the right box. In the first row, the left box contains the handwritten text 'Previsão de Sol e água.' and the right box contains 'Vai ter arco-íris.'. In the second row, both boxes are empty.

Fonte: Problema e hipóteses (2019)

Figura 30: Hipótese do aluno sobre material necessário para a formação do arco-íris.

b. Escreva as hipóteses acima no formato que segue.

The image shows two rows of a hypothesis writing template. Each row consists of a box on the left with the text 'SE ...' and three horizontal lines, and a box on the right with the text 'ENTAO ...' and three horizontal lines. A large arrow points from the left box to the right box. In the first row, the left box contains the handwritten text 'sol e água' and the right box contains 'Arco-íris'. In the second row, the left box contains 'Gota de água' and the right box contains 'Arco-íris'.

Fonte: Problema e hipóteses (2019)

Nas figuras 28 e 30, podemos observar que os alunos entendem que a luz do Sol precisa atravessar a gota de água para formar o arco-íris, apesar de não relacionarem ainda a decomposição da luz, como era de se esperar, por ser este um conceito científico ainda não

trabalhado. Os relatos são satisfatórios, se caracterizando como levantamento de hipótese típico dessa etapa investigativa, pois esse indicador pode ser vislumbrado quando se explica a busca por arranjo nas informações disponíveis (SASSERON E SOUZA, 2017).

Vale salientar que em diversos momentos tivemos que chamar a atenção de alguns alunos para se concentrarem nas atividades. Entendemos que, devido a não estarem acostumados com a metodologia de investigação, a possibilidade de permanecerem reunidos em grupos causava sempre uma grande agitação.

Na terceira fase desta etapa, foi proposto o seguinte: c) Por que essas hipóteses? De motivos para convencer seus colegas de classe. Para nós, este momento é muito importante, pois é uma oportunidade para os alunos argumentarem e justificarem suas ideias, os estudantes, neste momento da aula, são levados a discutir, refletir sobre a sua observação e elaborarem de forma esquematizada suas próprias explicações (CARVALHO et al, 2014). Porém, devido à dificuldade na escrita, poucos alunos escreveram neste item, a maioria preferindo falar.

Para melhorar a análise, agrupamos os relatos orais dos alunos em forma de um quadro. Nele, Quadro 03, os grupos são representados por: G1, G2, G3, G4 e G5; também aparece o professor aplicador, mestrando, sendo que a professora da classe nesta etapa só ajudou no controle da turma, sem participar do diálogo. Os relatos foram colhidos pelo professor aplicador, passando em cada grupo.

Quadro 03: Fala dos alunos nos grupos sobre o item “c”.

Linha	Sujeito	Fala
01	Aplicador pergunta para o G1	Na pergunta anterior, vocês disseram que precisa do que para formar o arco-íris?
02	G1	De Sol e água
03	Aplicador fala com o G1	Agora eu preciso que vocês convençam os seus amigos por que precisa de Sol e água.
04	G1	Tem a chuva, vem o Sol e(não foi possível compreender a explicação, pois havia muito barulho na sala).
05	Aplicador pergunta para o G2	O que é preciso para que se forme o arco-íris?
06	G2	Sol e água

07	Aplicador fala com o G2	Eu preciso que vocês convençam seus colegas porque só precisa isso.
08	G2	Porque se não tiver um dos dois não tem arco-íris.
09	Aplicador	Mais alguém?
10	Aplicador pergunta para o G3	O que é preciso para que se forme o arco-íris?
11	G3	Sol e água
12	Aplicador fala com o G3	Convença seus colegas
13	G3	Por que quando eles se juntam...
14	Aplicador fala com o G3	Quando eles se juntam o que acontece?
15	G3	Quando eles se juntam acontece me deu um branco (o aluno esqueceu ou ficou com vergonha de falar).
16	G3 (outro aluno)	A nuvem se transforma em água, o Sol bate na nuvem e sobe o vapor e se forma o arco-íris.
17	Aplicador fala com o G3	Alguém mais quer falar...
18	G3	Não.
19	Aplicador pergunta para o G4	Deem motivos para convencer seus colegas das suas hipóteses.
20	G4	Porque sem o Sol e a água, não vai ter arco-íris.
21	G4 (outro aluno)	Sem água e Sol não forma o arco-íris.
22	Aplicador fala com o G4	Vamos deixar os colegas falarem...
23	G4 (outro aluno)	Com a luz do Sol e a água, a água fica colorida.
24	Aplicador	Muito bem.

25	Aplicador pergunta para o G5	Eu preciso que vocês convençam seus colegas por que das suas hipóteses
26	G5	Por que sem o Sol e água, não vai ter arco-íris.
27	G5 (outro aluno)	Precisa de Sol e água para que forme um arco-íris no nosso mundo.

Fonte: Problema e hipóteses (2019)

Nos relatos dos alunos, podemos evidenciar alguns indicadores de AC, presentes, por exemplo, na linha 02: “Sol e água” e na linha 04: “Tem a chuva, vem o Sol e ...”, no uso do raciocínio lógico, quando expressam as variáveis envolvidas na investigação e na tentativa de explicação, que também é um indicador, mesmo que ainda em construção. Podemos perceber na linha 08: “porque se não tiver um dos dois não tem arco-íris”, uma dependência de variáveis, que se caracteriza como o raciocínio lógico.

O levantamento de hipóteses é uma característica de indicador de AC, ele pode se manifestar através de afirmação ou de pergunta, assim, destacamos a linha 16: “a nuvem se transforma em água, o Sol bate na nuvem e sobe o vapor e se forma o arco-íris”. Já na linha 23: “Com a luz do Sol e a água, a água fica colorida”, aparecem traços da decomposição da luz, quando o aluno afirma que a passagem da luz do Sol pela água faz com que ela fique “colorida”; dessa forma percebe-se um conceito físico em construção.

Na linha 27: “precisa de Sol e água para que forme um arco-íris no nosso mundo”, o aluno condiciona que em nosso mundo (planeta Terra) o fenômeno só precisa das duas variáveis. Não sabemos se ele levou em consideração o fator atmosfera, pois provavelmente já tenha ouvido falar do assunto em outro local.

Ainda do item “c”, selecionamos três relatos escritos para as respectivas análises. Já no primeiro relato, Figura 31, “Se o Sol e a água formam o arco-íris, então se eu colocar suco no sol, o que acontece? Acho que não dá nada!”, com correções, percebe-se que o levantamento de hipóteses do aluno através de suposição de introdução de uma nova substância, busca justificar os seus argumentos através de garantias para o que está propondo.

Figura 31: Motivo de um aluno para a formação do arco-íris.

c. Por que essas hipóteses? Dê motivos para convencer seus colegas de classe.

Se o Sol e a água formam
o arco-íris então se
olho Bola no céu
e que o centro de arco que
não da nada.

Fonte: Problema e hipóteses (2019)

Na Figura 32, o aluno escreve: “a luz do Sol dá na água, fica colorida e transforma o arco-íris”, com correções, onde aparece novamente o conceito físico da decomposição da luz branca, que já está agregado à hipótese e a previsão do fenômeno.

Figura 32: Motivo de um aluno para a formação do arco-íris.

c. Por que essas hipóteses? Dê motivos para convencer seus colegas de classe.

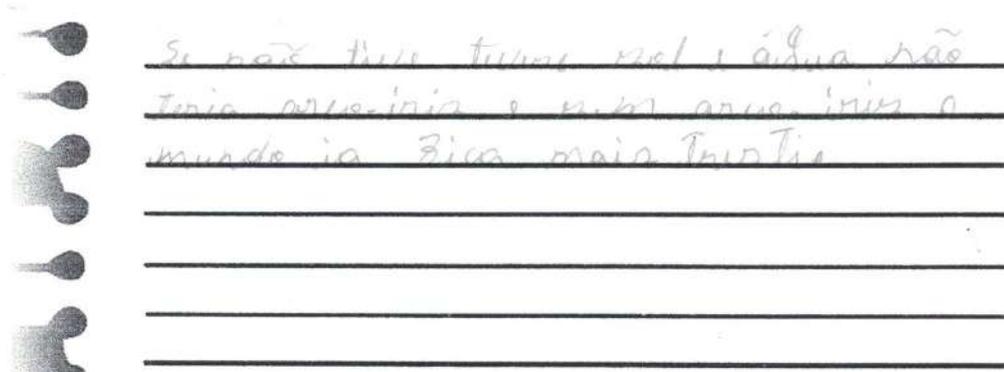
luz do sol dá na
água e fica colorida e
transforma o arco-íris

Fonte: Problema e hipóteses (2019)

Provavelmente o aluno da Figura 33, ao escrever: “se não tiver Sol e água não teria arco-íris e sem arco-íris o mundo ia ficar mais triste”, com correções, relacionou as variáveis do fenômeno, expressando também no término da sua fala expressa um sentimento (tristeza); dessa forma usa o raciocínio lógico para elaborar seus argumentos.

Figura 33: Motivo de um aluno para a formação do arco-íris.

c. Por que essas hipóteses? Dê motivos para convencer seus colegas de classe.



Fonte: Problema e hipóteses (2019)

5.3 Desenho experimental

O desenho experimental foi pensado previamente a partir das hipóteses que esperávamos que os alunos fossem elaborar o que possibilitou a construção dos materiais. É a partir do teste experimental das hipóteses – das ideias – que os alunos têm a oportunidade de construir o próprio conhecimento. Vale salientar que mesmo as hipóteses erradas são muito importantes nessa construção (Carvalho et al. 2018). Assim, propomos dois experimentos, a partir de duas hipóteses, a seguir:

Hipótese I – Um arco-íris se forma quando tem Sol, mas não se forma quando usamos uma lanterna. A partir desta suposição, propusemos o experimento 1 – Iluminar um objeto translúcido (prisma caseiro vazio) com luz de diferentes fontes (laser, lanterna e luz do sol) e observar o resultado.

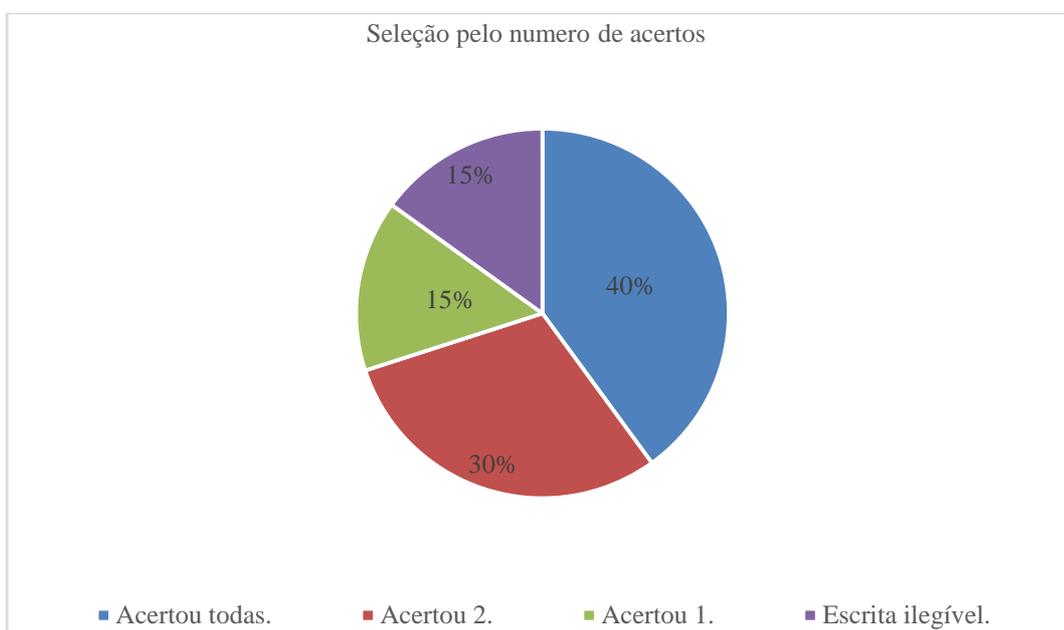
Continuamos trabalhando com os alunos em grupo e distribuímos para cada equipe um laser, uma lanterna e um prisma caseiro vazio. No início houve alguns desentendimentos nas equipes, sobre quem ia manusear os objetos; então o professor aplicador interveio esclarecendo que todos deveriam ter a oportunidade, um de cada vez.

Após se acalmarem os ânimos, entregamos uma folha com o desenho experimental para cada membro das equipes, contendo o que eles deveriam fazer em cada etapa, solicitando sempre antes de cada experimento que elaborassem a previsão (cor que apareceria após o prisma ser iluminado com a luz do laser, da lanterna e do Sol). Após a realização do experimento, cada aluno deveria registrar o observado, ou seja, a cor observada após a luz

passar pelo prisma. Ao final deveriam escrever uma possível conclusão sobre o experimento, baseada nos dados coletados.

Depois dos esclarecimentos iniciais, solicitamos que os alunos escrevessem a previsão do primeiro experimento, o prisma iluminado com o laser, seguindo da execução e anotação do observado. Da mesma forma, foi feito com o prisma iluminado com lanterna e com luz do Sol, sempre anotando a previsão e depois o observado. Um dado interessante que no espaço reservado para a conclusão do experimento 1, alguns alunos só repetiram o que já haviam anotado em fases anteriores, como “Sol e água” ou “arco-íris”, com correções, sem fazer relação com a falta da variável água no experimento. O Gráfico 04 apresenta os resultados.

Gráfico 04: Resultado das previsões e observação após experimento 1.



Fonte: Os autores (2019)

A maioria dos alunos conseguiu prever o que realmente iria ser observado. O teste de hipóteses também é um indicador de AC; nele pode-se pôr a prova as suposições anteriores levantadas. Este indicador também pode ser compreendido entre os alunos que obtiveram 2 acertos, como visto na Figura 34, onde o aluno acerta as duas primeiras previsões e erra a última. Podemos inferir que o aluno deveria considerar a luz do Sol como sendo amarelo, como no início e no fim do dia, horários onde é possível de se observar o Sol diretamente, e após a realização do experimento ele pode perceber, por meio da observação, que na verdade ela é branca. Neste caso, o erro (hipótese diferente do resultado) potencializou a mudança conceitual do estudante.

Figura 34: Previsão e observação do aluno no experimento 1.

Experimento I

LUZ INCIDENTE	PREVISAO Cor que você crê que se verá após o prisma	OBSERVAÇÃO Cor que se vê após o prisma
Laser	vermelho	vermelho
Lanterna	Branco	Branco
Luz do Sol	amarelo	Branco
CONCLUSAO		

Fonte: Desenho experimental (2019)

Na Figura 35, o aluno acerta as duas previsões iniciais e na terceira não leva em consideração que falta a variável água, para um suposto surgimento do arco-íris, visto que na conclusão escreve “Sol e água”, com correções.

Figura 35: Previsão e observação do aluno no experimento 1.

Experimento I

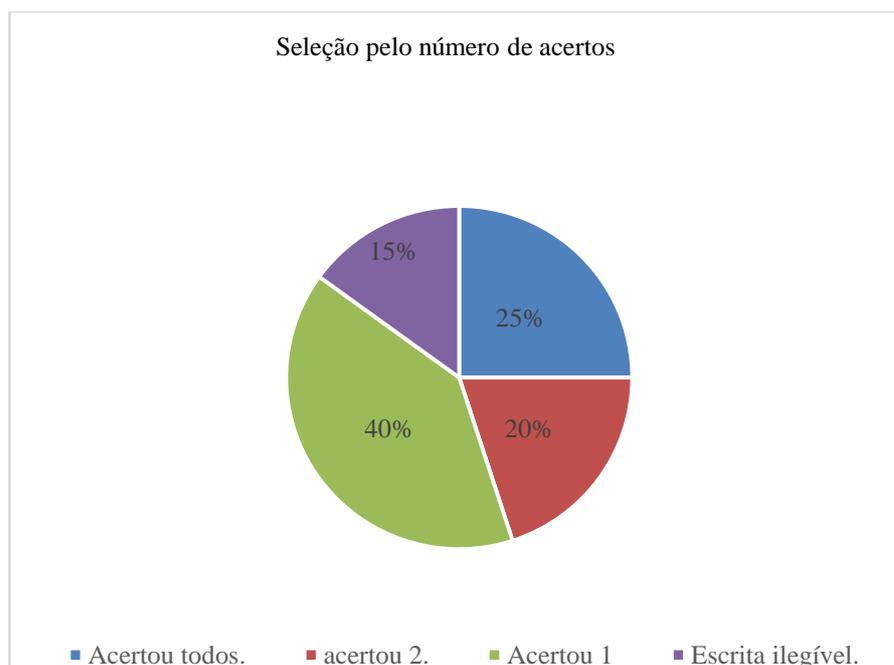
LUZ INCIDENTE	PREVISAO Cor que você crê que se verá após o prisma	OBSERVAÇÃO Cor que se vê após o prisma
Laser	vermelho	vermelho
Lanterna	Branco	Branco
Luz do Sol	arco íris	Branco íris
CONCLUSAO	Sol e água	

Fonte: Desenho experimental (2019)

Na segunda etapa, trabalhamos com a hipótese II – Um arco-íris se forma quando tem chuva, quando tem água. A partir desta suposição, propusemos o experimento 2 – Iluminar vários prismas cheios com substâncias diferentes (óleo de cozinha, mel e água), com luz branca (luz do Sol) e observar o resultado. O professor aplicador passou nas equipes preenchendo os prismas com as respectivas substâncias. A seguir os alunos, ainda com a folha do desenho experimental em mãos, anotaram do mesmo jeito, as previsões e o resultado observado.

Apesar de não ser o objetivo analisar a quantidade de acertos por aluno, construímos o Gráfico 05, que traz os dados, chamando a atenção o número expressivo de acertos apenas em uma observação (mais especificamente, o prisma cheio de água iluminado com luz do Sol). Os erros com os outros líquidos podem ser influência de outras variáveis, como a densidade do material e a pigmentação da substância, que os alunos não tinham conhecimento, bem como a influência do próprio conceito de refração, que depende dos materiais envolvidos.

Gráfico 05: Resultado das previsões e observação após experimento 2.



Fonte: Desenho experimental (2019)

Mais um indicador de AC que podemos perceber que está relacionado com esta etapa é a previsão, que fica evidente nas Figuras 36 e 37, registro de alunos. A previsão é confirmada com a observação do prisma cheio de água iluminado com luz do Sol. Assim, nos registros das conclusões das Figuras 36 e 37, os alunos escrevem: “o Sol e água formam o arco-íris”, com correções, reforçando o que já havia sido expresso em etapa anterior; pode-se também perceber o indicador da justificativa, que ganhou força com o observado.

Figura 36: Previsão e observação do aluno no experimento II e conclusão.

Experimento II

MATERIAL	PREVISÃO O que você crê que se verá após o prisma	OBSERVAÇÃO O que se vê após o prisma
Prisma com óleo	amarelo	amarelo
Prisma com mel	verde	verde
Prisma com água	arco-íris	arco-íris
CONCLUSÃO	o óleo e água formam arco-íris.	

Fonte: Desenho experimental (2019)

As duas figuras foram selecionadas, levando em conta a conclusão dos alunos, que confirmaram suas ideias, com os experimentos realizados.

Figura 37: Previsão e observação do aluno no experimento II e conclusão.

Experimento II

MATERIAL	PREVISÃO O que você crê que se verá após o prisma	OBSERVAÇÃO O que se vê após o prisma
Prisma com óleo	amarelo	amarelo
Prisma com mel	laranja	laranja
Prisma com água	arco-íris	arco-íris
CONCLUSÃO	o óleo e água formam arco-íris.	

Fonte: Desenho experimental (2019)

O desenho experimental teve grande contribuição para o enriquecimento dos conhecimentos dos alunos no processo de construção dos conceitos de refração, levando em conta a decomposição da luz branca e a mudança de direção através de objetos translúcidos.

5.4 Resultados e discussões

Após a fase do desenho experimental ser concluída no primeiro dia, recolhemos o material usado e pedimos que os alunos sentassem em círculo, desfazendo as equipes, assim dando início a mais uma etapa, que classificamos como “Resultados e discussões” ou “Sistematização Coletiva”. Para Carvalho et al. (2018), a aula, neste momento, precisa proporcionar espaço e tempo para a sistematização coletiva do conhecimento. Ao ouvir o outro, ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado.

Para a análise desta etapa, consideramos os vídeos e áudios registrados durante a conversa, apesar de as gravações serem prejudicadas pelo barulho interno e externo. Para preservar a identidade dos alunos, iremos identificá-los como A1, A2, A3 e assim sucessivamente; o professor aplicador por aplicador e quando não identificamos quem falou foi representado por XXX. As conversas estão no quadro 04.

Quadro 04. Falas na sistematização coletiva.

Linha	Sujeito	Fala
28	Aplicador	Vamos conversar sobre o que fizemos hoje, alguém poderia dizer o que a gente começou fazendo e o que fizemos depois?
29	A1	A gente fez uma historinha, a gente esqueci
30	Aplicador	Alguém quer contribuir?
31	A2	Eu
32	Aplicador	Diga
33	A2	Nós <i>comêssemos</i> a leitura sobre o arco-íris e (áudio incompreensível)
34	Aplicador	Muito bom, nós fizemos a leitura
35	XXX	Do senhor camaleão.
36	Aplicador	Qual o título do texto?
37	A3	O senhor camaleão
38	Aplicador	Isso, o sonho do camaleão. Qual era o sonho do camaleão?

39	A4	Ficar colorido
40	Aplicador	Ficar colorido que nem o que?
41	Todos	O arco-íris
42	Aplicador	E sobre o arco-íris, o que vocês podem dizer?
43	XXX	É colorido
44	Aplicador	O que precisa?
45	Todos	Água e sol
46	A4	E vapor
47	Aplicador	O que o Sol faz com a água?
48	XXX	O arco-íris
49	Aplicador	O sol encontra a água e acontece alguma coisa
50	A5	O vapor sobe e forma o arco-íris
51	Aplicador	Mas a luz continua na mesma direção?
52	Silencio	
53	Aplicador	Acontece alguma coisa com a luz
54	A5	Nada
55	Aplicador	Aluno A6, o que você pode dizer sobre o arco-íris, que você falou no começo da nossa atividade
56	A6	O vapor sobe e forma as nuvens e quando chove e o Sol brilha, forma o arco-íris
57	XXX	Chove no mar
58	Aplicador	Então, o Sol vai de encontro com as gotas de chuva e acontece o arco-íris?
59	Todos	Sim
60	Aplicador	Se não tiver chuva pode ter arco-íris?
61	Todos	Não
62	Aplicador	Nós construímos um arco-íris aqui?
63	Todos	Sim
64	Aplicador	Nós precisamos de que?
65	A2	Água e Sol

66	Aplicador	Por que com o mel não deu certo?
67	A4	Porque não é transparente
68	Aplicador	E com o óleo deu certo?
69	Todos	Não
70	A7	Só com água
71	Aplicador	Alguém quer falar mais alguma coisa?
72	A2	Sem o arco-íris o mundo não fica colorido.

Fonte: Resultado e discussões (2019)

Podemos evidenciar os indicadores de AC presentes nas falas dos alunos, como nas linhas 29 e 33, quando acontece a organização de informações que é um momento em que se discute como um trabalho foi realizado. Outro indicador, linha 39, “ficar colorido”, aparece o raciocínio lógico, quando o aluno apresenta o que foi desenvolvido naquele momento da investigação. Também, surge à justificativa na linha 43, “É colorido”, quando há uma afirmação de forma segura sobre o problema proposto.

Nas linhas 45, “água e Sol” e linha 46 “e vapor”, surge o raciocínio proporcional na dependência de variáveis para a ocorrência do fenômeno, como também fica claro a seriação de informações, pois os alunos expressam as bases de informações do seu conhecimento cognitivo e de mundo para dar explicação aos resultados do experimento.

Podemos destacar a fala da linha 50, “o vapor sobe e forma o arco-íris”, um levantamento de hipóteses, que é um indicador de AC muito importante, por que demonstra atitudes semelhantes às dos cientistas quando estão de frente com um problema. Fica explícito na linha 56, “o vapor sobe e forma as nuvens e quando chove e o Sol brilha forma o arco-íris”, o indicador da explicação, que está ligado diretamente com a hipótese, embora na sua fala o aluno expresse conhecimento de outro fenômeno, no caso o ciclo da água e não sobre o conceito de refração.

Outra vez a previsão aparece nas falas dos alunos nas linhas 59, “sim” e linha 61, “não”, por meio das afirmações, quando são questionados sobre a ação do Sol com a água da chuva e no não surgimento do arco-íris na ausência de água.

O desenvolvimento da linguagem científica vai sendo construído ao longo da atividade e podemos perceber com as respostas nas linhas 67 (por que não é transparente) e linha 69 (não), sobre o questionamento do professor a respeito do teste das hipóteses, acontecendo à

eliminação de algumas variáveis e a tomada de consciência para a ocorrência do fenômeno, evidente na linha 70, “só com água”.

Após a conversa em grupo, o professor aplicador realizou uma demonstração utilizando o simulador computacional (*phet simulations*, da Universidade do Colorado - EUA), com a simulação, denominada desvio da luz com a função prisma, ilustrou-se para os alunos a passagem da luz branca pelo prisma com índice de refração do vidro e da água, seguida da exibição do desenho animado Show da Luna com o episódio “O arco-íris”. Vale salientar que durante o simulador, o projetor funcionou normalmente, mas no momento de apresentar o desenho, o áudio não funcionou, apesar de ter sido testado antes. Assim o professor optou por exibir o desenho neste dia no *notebook* (Figura 38).

Figura 38: Professor aplicador exibindo o desenho.



Fonte: Os autores (2019)

Vale salientar que a proposta não foi concluída em um só dia, pois no primeiro dia se encerrou na etapa de resultados e discussões.

Além disso, também se pode perceber que o conceito de refração enquanto desvio na direção do raio de luz na presença de diferentes materiais e sua relação com a decomposição da luz branca, não havia sido entendido perfeitamente pelos estudantes.

No encontro seguinte, a turma estava completa com os 25 alunos. Assim, foi feita a retomada das discussões e atividades realizadas na primeira aula pelo professor aplicador com auxílio dos alunos, assim, envolvendo os discentes que não estavam presentes na aula anterior.

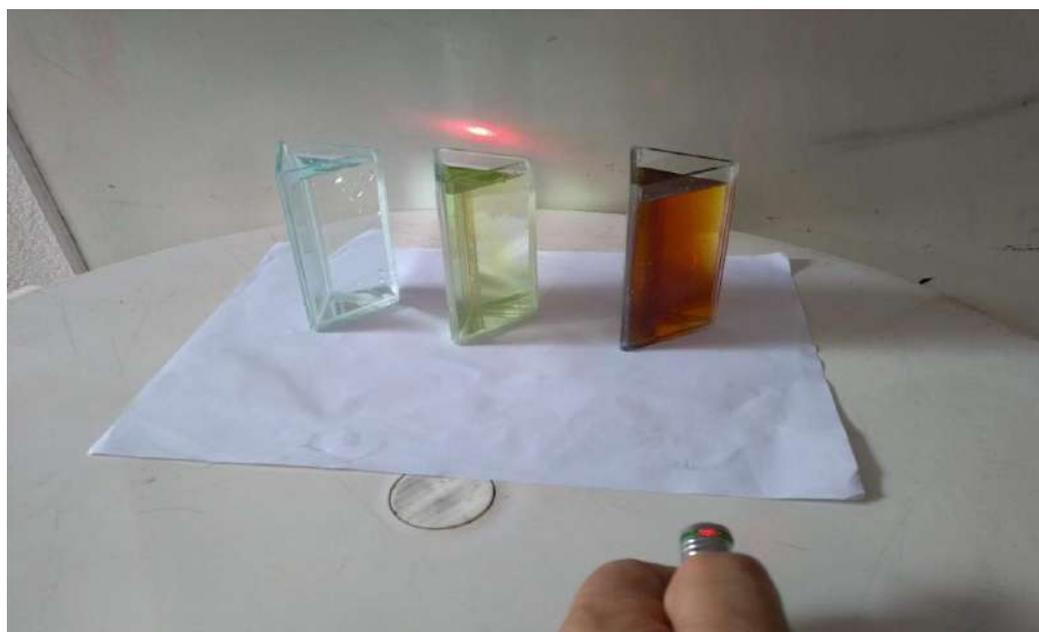
Para retomar a discussão do conceito de refração, foi proposto um novo desenho experimental: iluminar os prismas caseiros cheios com água, óleo de cozinha e mel de abelha, com laser. Neste momento, o professor aplicador apresenta a seguinte pergunta: “o que será que irá acontecer com a luz do laser ao passar pelos diferentes prismas?”.

Durante o levantamento de hipóteses, os alunos só relataram que iria mudar de cor em algumas das substâncias, mas não citaram a possibilidade da mudança de direção da luz do laser ao passar pelos prismas. Assim, o professor optou por uma demonstração investigativa.

Durante a demonstração, surgiu a afirmação de um aluno: “*tá intortando*” a luz, momento que o professor aplicador aproveitou para questionar em qual substância a luz mudava mais de direção. Prontamente, os alunos responderam “no mel”, e ao serem questionados pelo professor “porque” a resposta de alguns alunos foi “por é mais grosso”.

Podemos perceber que mesmo sem ter conhecimento de densidade ou de índice de refração, os alunos conseguem inferir que há na textura do material algo que provoca a mudança de direção do feixe de luz laser. Através da análise da demonstração investigativa, podemos perceber algumas contribuições que a atividade experimental pode trazer para o ensino, principalmente da Física, como os descritos por Carvalho (2014): “a valorização do ensino por investigação; a aproximação de uma atividade de investigação científica; a maior participação e interação do aluno em sala de aula; a valorização da aprendizagem de atitudes e não apenas de conteúdo; a possibilidade da criação de conflitos cognitivos em sala de aula entre outras contribuições”. A Figura 39 apresenta o desenho experimental realizado no segundo dia.

Figura 39: Desenho experimental do 2º dia.



Fonte: Os autores (2019)

Em seguida, foi exibido no Datashow o desenho “De onde vem?”, com o episódio “De onde vem o arco-íris?” no qual a personagem Kika questiona de onde vem à formação do arco-íris.

Na sequência, passamos para a sistematização individual do conhecimento que será analisada no tópico a seguir.

5.5 Sistematização Individual do conhecimento

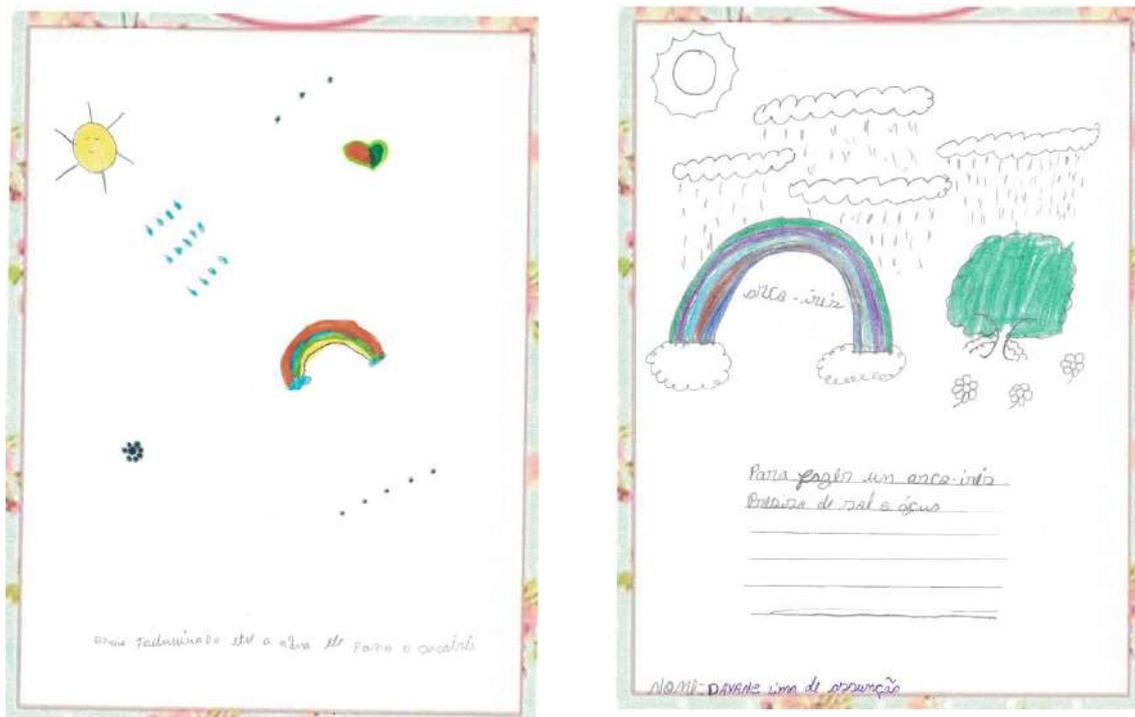
Em momento posterior à sistematização coletiva, distribuímos uma folha com a delimitação das margens, que continua a seguinte solicitação: “dos processos observados dos experimentos e demonstrações, que conclusões você tem sobre o arco-íris?”. Orientamos os discentes para que individualmente elaborassem uma ilustração, se possível com uma explicação escrita sobre o que haviam estudado. Para Carvalho et al. (2018), a etapa de escrever e desenhar é muito importante para a aprendizagem individual, visto que o diálogo e escrita são atividades complementares, mas fundamentais nas aulas das ciências. Assim sendo, nosso objetivo foi analisar os pressupostos que circundam o LC, por meio dos indicadores propostos por Sasseron e Souza (2017).

Durante a análise das ilustrações e da escrita dos materiais, foi possível perceber um avanço na concepção dos alunos acerca da passagem da luz através de objetos translúcidos, com a decomposição da luz branca em diversas cores e a mudança de direção da luz ao atravessar objetos diferentes e assim com índice de refração distintos, característicos da refração.

Dentre os desenhos produzidos pelos alunos, selecionamos alguns que consideramos importantes no processo de evolução do LC.

Na representação da Figura 40(a), o discente representa o Sol, gotas de chuva, o arco-íris e o relato “o sol ta iluminando entre a água e forma o arco-íris”, com correções, fica evidente que o aluno conseguiu relacionar a presença do Sol e das gotas de água para que ocorra a decomposição da luz e ainda podemos observar o posicionamento do Sol e a formação do arco-íris na direção oposta, fato que podemos expressar com grande relevância.

Figura 40: Desenho dos alunos.



(a)

(b)

Fonte: Sistematização individual do conhecimento (2019)

No desenho da Figura 40(b), apesar do aluno não colorir o desenho, talvez por falta de materiais, ele constrói sua ilustração com as mesmas variáveis do desenho anterior, acrescentando alguns aspectos da natureza, como árvores e flores. E ainda relata: “para fazer um arco-íris preciso de Sol e água”; fica evidente que o aluno compreendeu a formação do arco-íris como fenômeno natural e não como algo sobrenatural, podendo ser construído por qualquer pessoa, desde que disponha dos materiais necessários. Portanto, a explicação que é um indicador de AC fica clara nesta fala do aluno. A Figura 41(a) e (b) reforçam o entendimento da escrita do aluno da figura 40(b).

Figura 41: Desenho dos alunos.



(a)

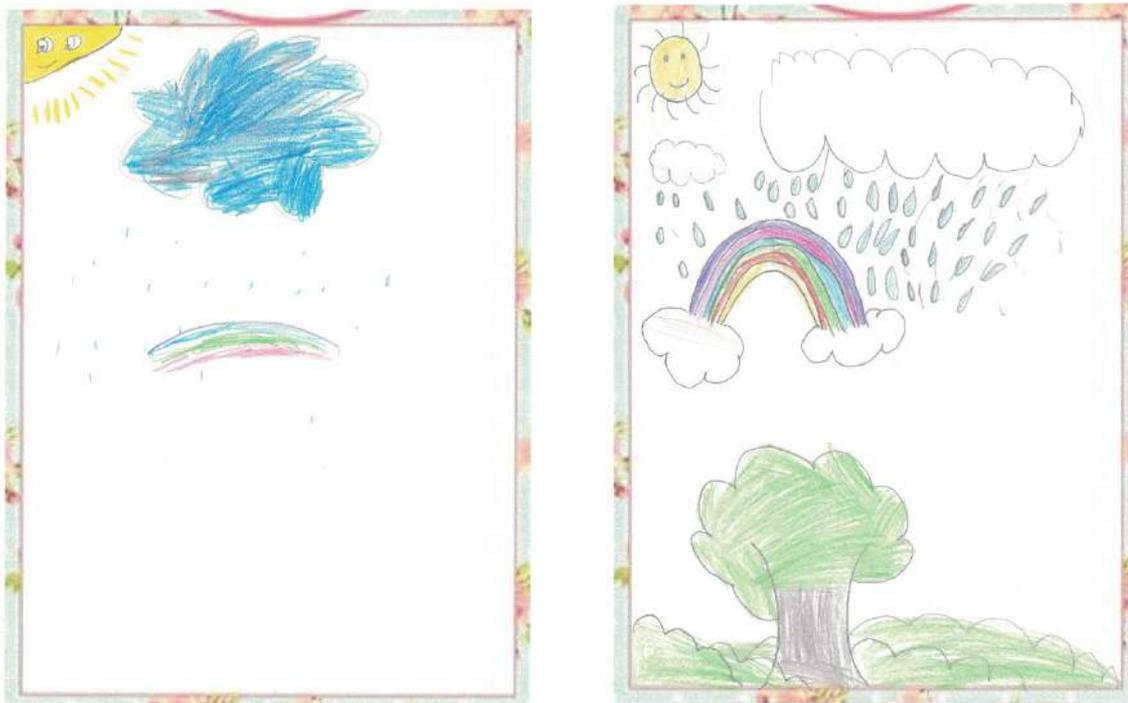
(b)

Fonte: Sistematização individual do conhecimento (2019)

Os desenhos da Figura 41(a) e (b) ilustram de forma parecida à formação do arco-íris com utilização da água de uma mangueira; tal conhecimento pode ter sido construído na parte final da sistematização coletiva, com exibição do desenho animado “De onde vem o arco-íris”, que colaborou de forma significativa para a evolução cognitiva dos alunos, e compreensão do fenômeno investigado durante a aula. Vale salientar ainda dos desenhos que a decomposição da luz branca só ocorre após a passagem da luz do Sol pelas gotas de águas, realçando o processo de refração da luz.

Um fator importante na compreensão do fenômeno do arco-íris surge na Figura 42 (a) e (b), que é o pensamento proporcional, quando o aluno consegue relacionar a interdependência direta entre as variáveis, visto que no desenho (a) o aluno esboça um arco-íris com cores fracas devido à quantidade pequena de gotas de água no ambiente; da mesma forma o outro aluno do desenho (b) ilustra o fenômeno com as cores mais fortes e as gotas de águas em maior quantidade. Outro ponto a ser observado na Figura 42 (a) e (b) é a forma do arco-íris em semicírculo, o que indica que o fenômeno depende do ângulo de visão do observador.

Figura 42: Desenho dos alunos.



(a)

(b)

Fonte: Sistematização individual do conhecimento (2019)

Na Figura 43 aparece substancialmente a solução da pergunta das linhas 49 e 51: apesar de representar o arco-íris de forma reta, o aluno esboça a decomposição da luz e a refração sofrida por ela, o que fica evidente com os rabiscos que ilustram a direção da luz do Sol antes e depois do encontro com a água, formando o fenômeno em questão e mudando de direção após a passagem pelo líquido.

Figura 43: Desenho dos alunos.



Fonte: sistematização individual do conhecimento (2019)

A seguir, apresentaremos as conclusões acerca da proposta didática investigativa, salientando os avanços proporcionados com os alunos frente ao Letramento Científica.

Capítulo 6

Considerações Finais

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, buscou-se colaborar com os objetivos gerais da BNCC, visando contribuir com o processo de ensino e aprendizagem, por meio de uma proposta investigativa com alunos do terceiro do EF, contemplando a Unidade Temática Matéria e Energia, focando na habilidade que trata da interação da luz com corpos translúcidos.

A proposta didática desenvolvida teve como objetivo geral potencializar o LC dos alunos. Assim, os objetivos específicos tinham como uma das metas potencializar o desenvolvimento da competência científica, em suas dimensões procedimentais e atitudinais, que de acordo com os resultados tivemos êxito.

O processo de LC teve seu início na leitura do texto da situação problema, que colaborou de forma significativa para o processo de abertura das discussões, como vimos na etapa da situação problematizadora, dessa forma, podemos inferir que o texto produzido pelos autores contribui para potencializar o estudo da refração. Visto que, a sua leitura leva os alunos a pensarem no problema do personagem da história e se motivarem a buscar uma solução.

Na etapa denominada de problema e hipóteses, os questionamentos lançados aos alunos juntamente com a condução do processo, estimularam os discentes na construção de hipóteses a partir dos conhecimentos do cotidiano de cada aluno, visto que os relatos orais e escritos trouxeram dados satisfatório, com traços de trabalhos científicos em construção.

Quando os alunos tiveram a oportunidade de testar suas hipóteses, etapa do desenho experimental, obteve-se resultados compensatórios, visto que, foi possível observar algumas indicadores de AC, como: mudança conceitual, confirmação de hipótese e instigados a fazerem previsão que também é um indicador.

Durante a sistematização coletiva a construção conceitual foi se consolidando, por meio da interação dialogada entre todos da turma, seguida da observação do fenômeno no simulador e através dos desenhos animados que passaram a ser observados com o olhar mais aguçado no sentido da compreensão do evento estudado.

Com os resultados obtidos ao longo da sistematização individual, são satisfatórios se aproximando dos objetivos traçados ao longo deste trabalho, pois, através das ilustrações e escrita os alunos conseguiram demonstrar a formação do arco-íris de forma compreensível, utilizando uma lógica de dependências de variáveis para a ocorrência do fenômeno estudado.

Também desenvolvemos o produto educacional para auxiliar os professores do ensino fundamental anos iniciais através da produção, aplicação e avaliação da proposta investigativa, com o intuito de colaborar no processo de ensino-aprendizagem da refração.

No apêndice, estão os textos de apoio com o passo a passo da proposta aplicada, juntamente com os objetos utilizados e os sites dos vídeos usados na sistematização e do simulador computacional, para melhor acesso do professor que se interesse em usar.

A proposta investigativa se assemelha a SEI, proposta por Ana Maria Pessoa de Carvalho, que tem diversas contribuições no ensino por investigação. Para a avaliação da evolução dos alunos ao longo do processo, nos apoiamos nos indicadores de AC de Lúcia Helena Sasseron e Vitor Fabricio Machado Souza, que por diversas vezes apareceram na aplicação da proposta.

Vale salientar, que a escolha e elaboração do texto para situação problema teve resultados satisfatórios, pois, após a leitura do mesmo os alunos ficam com a curiosidade aguçada, assim permitindo que o processo investigativo seja desenvolvido. Isto é percebido durante a análise das falas e da escrita dos alunos.

Outro ponto importante a ser destacado, foi o aproveitamento dos conhecimentos de mundo dos alunos, visto que o arco-íris é um fenômeno sempre observado no cotidiano. Dessa forma, buscou-se aproximar o que os alunos já tinham na sua estrutura cognitiva sobre o fato e aprimorar, adicionando conceitos científicos que foram muito bem aceitos entre os estudantes, assim, proporcionando uma relação possível entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Com os resultados positivos apresentados na análise da aplicação desta proposta, entendemos que ela pode ser aplicada por professores que estejam preocupados com o ensino e aprendizagem dos estudantes. Desse modo conclui-se que o produto pode contribuir para o objetivo de ensinar conceitos de refração para os alunos do ensino fundamental anos iniciais preenchendo uma lacuna da formação do aluno nesse período e contribuindo para o seu processo de letramento científico.

Referências Bibliográficas

AONO, Casiano M. Professor, para que estudo isso? Organizadores: Casian M. Aono, Gabriela Dias da Silva e Paulo Homem-de-Mello – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

AZEVEDO, Maria Nizete. ABIB, Maria Lúcia Vital Dos Santos. O arco-íris em foco: a linguagem como mediação do ensino e da aprendizagem sobre conhecimentos físicos. Revista Brasileira de Educação. V. 23. 2018.

BARTHEM, Ricardo. A Luz / Ricardo Barthem. – 1.^a ed. – São Paulo: Editora Livraria da Física: Sociedade Brasileira de Física, 2005. – (Temas Atuais de Física).

BASSALO, José Maria Filardo. Nascimento da Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, V. 19, n. 3, 1997.

BEN-DOV, Yoav. Convite à física / Yoav Ben-Dov; tradução, Maria Luiza X. de A. Borges; revisão técnica, Henrique Lins de Barros. – Jorge Zahar Ed., 1996.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm> Acesso em janeiro de 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/inicio>>. Acesso em: junho. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. Lei de Diretrizes e Bases da Educação. Brasília: Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências naturais / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias (Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2), 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. ENSINO FUNDAMENTAL DE NOVE ANOS orientações para a inclusão da criança de seis anos de idade. 2^a edição Brasília, 2007.

BRITO, Liliane Oliveira de. FIREMAN, Elton Casado. Ensino de ciências por investigação: uma proposta didática “para além” de conteúdos conceituais. Experiências e m Ensino de Ciências V.13, n. 5, 2018.

BRONCKINGTON, Guilherme. SIQUEIRA, Maxwell. PIETROCOLOCA, Mauricio. A realidade escondida: a inserção de conceitos de física quântica e de física de partículas no ensino médio. Mauricio Pietrocola, (coordenador) – 1. Ed. – Editora Livraria da Física, 2017 – (Coleção professor inovador).

CAMPOS, Alexandre. Luz, Cor e Visão: uma proposta de ensino por investigação / Alexandre Campos, Wellington Batista de Souza, Tadeu Nunes Souza – Física na Escola, V. 15, n. 1, 2017.

CAÑAL, Pedro. Saber ciencias no equivale a tener competencia profesional para enseñar ciencias. En Once Ideas Clave. El desarrollo de la competencia científica, Barcelona: Graó (2012).

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico / Anna Maria Pessoa de Carvalho... [et al.]. – Scipione, 2009. (Coleção Pensamento e ação na sala de aula).

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Calor e Temperatura: um ensino por investigação; Anna Maria Pessoa de Carvalho, organizadora. – Editora Livraria da Física, 2014.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula / Anna Maria Pessoa de Carvalho, (org.). - Cengage Learning, 2018.

DELIZOICOV, Demétrio. ANGOTTI, José André Peres. Metodologia de ensino de ciências. Colaboração Alice Pierson – Cortez, 2000.

DELIZOICOV, Demétrio. ANGOTTI, José André. PERNAMBUCO, Marta Maria. Ensino de Ciências: fundamentos e métodos. Colaboração Antonio Fernando Gouvêa da Silva. – 3. Ed. - Cortez, 2009.

DICIONÁRIO informal: unidocente: Disponível em: <<https://www.dicionarioinformal.com.br/unidocente/>> Acessado em janeiro de 2020.

FREITAS, Júlia Campos. O papel do erro na construção do conhecimento em atividades experimentais. Luciana Nami Kadooca, Bibiane Lindsay Guimarães Matildes, Matheus Henrique Ferreira Maciel, Rosilene T. Rodrigues, Anderson Cezar Lobato e Nilma Soares da Silva. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, SC – 2017.

GOOGLE. Maps: Belém - Garrafão do Norte. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/dir/Bel%C3%A9m,+PA/Garraf%C3%A3o+do+Norte+-+PA,+68665-000/@1.9627754,47.237227,10.75z/data=!4m13!4m12!1m5!1m1!1s0x92a461af84756ce1:0x570d540215864c35!2m2!1d-48.4901799!2d1.4557549!1m5!1m1!1s0x92b05e89776b0405:0x4a8c9c46f68049d8!2m2!1d-47.058302!2d-2.0927845?hl=pt-BR>>. Acesso em janeiro de 2020.

GOOGLE. Maps: nordeste paraense: Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Garraf%C3%A3o+do+Norte+-+PA,+68665-000/@-1.8373769,47.4406779,8z/data=!4m5!3m4!1s0x92b05e89776b0405:0x4a8c9c46f68049d8!8m2!3d-2.0927845!4d-47.058302?hl=pt-BR>> acesso em janeiro de 2020.

HALLIDAY, David, Fundamentos de física, volume 4: óptica e física moderna / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução: Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. Ed. - LTC, 2016.

IBGE. cidades (2015 e 2017): Garrafão do Norte. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/garrao-do-norte/panorama>>. Acesso em janeiro de 2020.

KINDEL, Eunice Aita Isaia. Práticas pedagógicas em Ciências: espaço, tempo e corporeidade; ilustração de Eloar Guazzelli. – Erechim: Edelbra, 2012.

LEDERMAN, Norman G. Handbook of research on science education. edited by Sanda K. Abell and Norman G. Lederman. Q181. H149, 2006.

LEDERMAN, Judith. An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. Norman Lederman, Selina Bartels e Juan Jimenez. J Res Sci Teach. 2019.

MOREIRA, Marco Antonio. A Teoria da Aprendizagem Significativa. Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. 2009 (1ª edição), 2016 (2ª edição revisada), Brasil.

NOGUEIRA, Makeliny Oliveira Gomes. Teorias de Aprendizagem: um encontro entre os pensamentos filosóficos, pedagógicos e psicológico / Makeliny Oliveira Gomes Nogueira, Daniela Leal. – Ibipex, 2012. (Série Construção Histórica da Educação).

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. Curso de Física básica – Vol. 4 / H. Moysés Nussenzveig – 1ª edição – Editora Blucher, 1998.

PEREIRA, Eliana Alves. MARTINS, Jackeline Ribeiro. ALVES, Vilmar dos Santos. DELGADO, Evaldo Inácio. A Contribuição de John Dewey para a Educação. Revista Eletrônica de Educação, V. 3, n. 1, 2009. Grandes Autores e a Educação. ISSN 1982-7199. Programa de Pós-Graduação em Educação.

PEREIRA, Jefferson Rodrigues. Ensinando Ciências Físicas com experimentos simples no 5º ano do Ensino Fundamental da educação básica. Colobadores: Gunar Vingre da Silva Mota, Jordan Del Nero e Carlos Alberto Brito da Silva Júnior. Revista brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia, V. 12, n. 1, 2019.

PIASSI, Luís Paulo. GOMES, Emerson Ferreira. RAMOS, João Eduardo F. Literatura e cinema no ensino de física: interfaces entre a ciência e a fantasia. Mauricio Pietrocola, (coordenador) - 1. Ed. – Editora Livraria da Física, 2017 – (Coleção professor inovador).

PISA (2012). Matriz de Avaliação de Ciências. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/marcos_referenciais/2013/matriz_avaliacao_ciencias.pdf>. Acessado em: fevereiro de 2020.

PISA (2006). ESTRUTURA DA AVALIAÇÃO: Conhecimentos e habilidades em Ciências, Leitura e Matemática. Disponível em: <<https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264066199-pt.pdf?expires=1595364931&id=id&accname=guest&checksum=EE0898F89518AC15DAF63438F5D9B2FD>>. Acessado em: fevereiro de 2020.

ROCHA, José Fernando M. Origens e evolução das ideias da física. José Fernando M. Rocha (Org.) – 2. Ed. – EDUFBA, 2015.

RODRIGUES, Francisco Manuel Estanislau de Azevedo. AFONSO, Ana Sofia Cavadas. A natureza das interações verbais durante visitas de estudo à seção de ótica de um museu de ciência. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* V. 15, n. 1, 2015.

SASSERON, Lúcia Helena. SOUZA, Vitor Fabricio Machado. *Alfabetização Científica na Prática: inovando a forma de ensinar Física / Coordenação: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira. - 1ª Ed. – Editora Livraria da Física, 2017. – (Série Professor Inovador).*

SASSERON, Lúcia Helena. *Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre ciências da natureza e escola.* *Revista Ensaio*, V. 17 n. especial, 2015. DOI – <http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>.

SASSERON, Lúcia Helena. *Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica / Lúcia Helena Sasseron, Anna Maria Pessoa de Carvalho.* *Investigação de Ensino de Ciências – V. 16, n. 1, 2011.*

SASSERON, Lúcia Helena. *Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular.* *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - RBPEC* 18, 2018.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira. *Educação Científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios.* *Revista Brasileira de Educação*, V. 12, n. 36, 2007.

SILVA, Alexandre Fernando. FERREIRA, José Heleno. VIERA, Carlos Alexandre. *O Ensino de Ciências no Ensino Fundamental e Médio: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora.* *Revista Exitus*, V. 7, n. 2, 2017.

SILVA, Rui Miguel Moreira da. *Experiências Históricas para a determinação da velocidade da luz.* *Dissertação de Mestrado em Física para o Ensino. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2002.*

SOGA, Diogo. KOHATSU, Doris. MURAMATSU, Mikia. *Revisitando os Prismas Caseiros: uma atividade experimental no estudo da refração da luz.* *Física na Escola*, V. 16, n. 2, 2018.

TEIXEIRA, Alessandra de Souza. XAVIER, Kélen da Silva. DAMASIO, Felipe. *O ensino de e sobre ciência por meio da série de ficção científica jornada nas estrelas.* *Experiências em Ensino de Ciências* V.12, n. 5, 2017.

TESTON, Roseane Valentim Pavezi. *Avaliar para que? Análise de erros nas avaliações de ciências. Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE Produção Didática-Pedagógica 2016. Versão online ISBN 978-85-8015-094-0 Caderno PDF.*

TRAZZI, Patrícia Silveira da Silva. BRASIL, Elizabeth Detone Faustini. *Ensino por investigação: análise de uma atividade experimental em sala de aula de Biologia.* *XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, – 2017.*

VIEIRA, Ianara Viana. *A utilização de atividade experimental no ensino de física: uma experiência didática a partir da vivência do estágio supervisionado.* Taylan Corrêa Maia,

Jeisane da Silva Almeida Gonçal e Danielle Rodrigues Monteiro da Costa. Experiências em Ensino de Ciências V.13, n. 5, 2018.

ZOMPERO, Andreia de Freitas. LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades investigativas para as aulas de ciências: um diálogo com a teoria de aprendizagem significativa. 1. Ed. – Appris, 2016.

Apêndice – Produto Educacional
Proposta Didática

**CONSTRUINDO O CONCEITO DE REFRAÇÃO COM O USO DE UMA
PROPOSTA INVESTIGATIVA NO 3º ANO DO ENSINO
FUNDAMENTAL**

Evaldo Cunha Marques, Silvana Perez e Simone de Castro Fraiha

Universidade Federal do Pará (UFPA)

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)

Apoio:



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Belém – PA
Julho de 2020

© Evaldo Cunha Marques, Silvana Perez e Simone de Castro Fraiha – 2020

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada à fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores ou produção de livre acesso. Caso sinta que houve violação de seus direitos autorais, por favor, contate os autores para solução imediata do problema. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas à divulgação do conhecimento científico.

SUMARIO

Apresentação	94
Por que e Como ensinar ciências	95
O Letramento Científico e o cidadão do novo milênio	97
Base Nacional Comum Curricular (BNCC).....	99
Ensino de ciências investigativo	100
Formação do arco-íris	103
Estrutura da proposta investigativa desenvolvida	105
Proposta Investigativa A	106
Proposta Investigativa B	110
Seção I – (Texto de Apoio da proposta A e Formulários utilizados).....	111
Seção II – (Texto de Apoio da proposta B e Lins do simulador e vídeos).....	117
Referências Bibliográficas.....	119

Apresentação

O Material aqui apresentado é o resultado de um trabalho desenvolvido ao longo de dois anos e consiste no produto elaborado para o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo UFPA. O principal instrumento educacional confeccionado é um texto de apoio a professor de Ciências que discute aspectos gerais do uso de abordagens investigativas no ensino de Ciências, bem como apresenta um conjunto de duas Propostas Investigativas, para o 3º e 6º ano do EF, em que se trabalham os conceitos básicos da refração e da decomposição da luz branca, por meio da formação do arco-íris, e é resultado da dissertação de mestrado cujo tema é **CONSTRUINDO O CONCEITO DE REFRAÇÃO COM O USO DE UMA PROPOSTA INVESTIGATIVA NO 3º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL**.



Por que e Como ensinar ciências?

Os fenômenos naturais sempre encantam os seres humanos, e a sua compreensão e da natureza continuamente foram um desafio para os cientistas ao longo do tempo, porém, os métodos e procedimentos usados pelos estudiosos da ciência, bem como os conhecimentos científicos adquiridos ao longo da história da humanidade, não podem ficar restritos a este grupo, pois a ciência e a sociedade não podem ser reconhecidas apartadas uma da outra (SASSERON, 2015).

Além disso, não se pode ignorar os avanços e transformações sofridas pela ciência e pela sociedade a todo instante, sendo as duas transformadas e transformadoras. Assim, a escola desempenha um papel importante na divulgação dos conhecimentos desta cultura científica, promovendo a enculturação dos alunos, na busca por entender como os fenômenos ocorrem, por exemplo, o arco-íris. (SASSERON, 2015).

As diretrizes nacionais na área educacional corroboram com este entendimento. Por exemplo, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), homologada em dezembro de 2017, tratando do ensino de ciências no EF, destaca a importância do LC, pois:

A área de ciências da natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências (BRASIL, p. 319, 2017).

Apoiado neste documento, elaborou-se esta sequência didática com abordagem investigativa que busca potencializar o desenvolvimento das capacidades associadas com a alfabetização científica (AC) de alunos do terceiro ano do ensino fundamental.

O tema é a refração da luz, diretamente associada ao fenômeno da formação do arco-íris, que, enquanto fenômeno natural, sempre causa grande admiração, principalmente nas crianças, ao evidenciar o aparecimento de várias cores do espectro de luz, em uma configuração visualmente muito bonita. Para Azevedo e Abib (2018), as crianças não operam com os nexos conceituais que compõem o núcleo do conceito de refração da luz para explicar a formação do arco-íris, mas sim com elementos que na aparência se assemelham a esse conceito ou a esse significado.

Além disso, a própria BNCC (2017) na unidade temática matéria e energia, nas habilidades voltadas para o 3º ano do EF, aborda a interação da luz com a matéria, sendo as habilidades esperadas após o estudo desta unidade:

Experimental e relatar o que ocorre com a passagem da luz através de objetos transparentes (copos, janelas de vidro, lentes prismas, água e etc.), no contato com superfícies polidas (espelhos) e na intersecção com objetos opacos (paredes, pratos, pessoas e outros objetos de uso cotidiano) (BRASIL, p. 337, 2017).

Dessa forma, esta proposta didática com abordagem investigativa aqui apresentada visa contribuir com o letramento científico dos estudantes, em sintonia com os anseios da BNCC, auxiliando assim os docentes a alcançar os objetivos traçados pelo documento nacional, que relata que o ensino de ciências deve promover aos alunos situações nas quais eles possam: definir problemas; levantar, analisar e representar hipóteses; comunicar dados e elaborar intervenções.



O Letramento Científico e o cidadão do novo milênio

Para analisar a importância do letramento científico, primeiramente precisamos entender que esse termo tem diversas denominações dependendo de qual local esteja sendo tratado. Sasseron e Carvalho (2011) em seu trabalho “Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica” destacam que autores de língua espanhola e francesa usam o termo “Alfabetização Científica”, enquanto que nas publicações de língua inglesa a tradução se dá por “Letramento Científico”.

Neste trabalho optamos por usar o termo Letramento Científico (LC), para determinar o conjunto de práticas às quais uma pessoa lança mão para interagir com seu mundo e os conhecimentos dele (SASSERON E SOUZA, 2017). Também definido por Sasseron (2018), como:

Um objetivo do ensino de ciências voltado a que os sujeitos possam conhecer as ciências, reconhecer os modos como às ciências entendem os fenômenos, utilizar esses modos de estruturar ideias e pensamentos para a análise de fenômenos e de situações a eles relacionadas e tomar suas decisões (quaisquer que sejam) considerando tais aportes. (SASSERON, p. 1068, 2018)

E assim, reforçado dentro das competências específicas de Ciências da Natureza para o EF,

Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva. (BRASIL, p. 324, 2017)

Pensando em promover o LC nas aulas de ciências e na avaliação da implementação da mesma, Sasseron (2015), (CARVALHO E SASERRON 2011, 2008) Apud Sasseron e Souza (2017) propõem maneiras de considerar o planejamento das aulas, observando o que elas chamam de Eixos estruturantes da Alfabetização Científica (AC), que são três:

- (a) a compreensão básica de termos e conceitos científicos, retratando a importância de que os conteúdos curriculares próprios das ciências sejam debatidos na perspectiva de possibilitar o entendimento conceitual;
- (b) a compreensão da natureza da ciência e dos fatores que influenciam sua prática, deflagrando a importância de que o fazer científico também ocupa espaço nas aulas de mais variados modos, desde as próprias estratégias didáticas adotadas, privilegiando a investigação em aula, passando pela apresentação e pela discussão de episódios da história das ciências que ilustrem as diferentes influências presentes no momento de proposição de um novo conhecimento;

- (c) o entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, permitindo uma visão mais completa e atualizada da ciência, vislumbrando relações que impactam a produção de conhecimento e são por ela impactadas, desvelando, uma vez mais, a complexidade existente nas relações que envolvem o homem e a natureza.

Vale observar que as autoras expõem os eixos estruturantes para a AC, e ressaltam que não são pontos como “Leis” imutáveis na elaboração do conhecimento científico, mas norteiam a organização do planejamento das aulas de ciências.



A Base Nacional Comum Curricular

Com a implementação da BNCC em dezembro de 2017, o EF sofreu algumas mudanças na sua estrutura organizacional. Deixando de organizado em Ciclos (1º, 2º, 3º e 4º ciclos), passando a trabalhar com anos, de 1º ao 9º ano, e os eixos temáticos sofreram algumas mudanças de denominação e na sua área de abrangência. Para elaboração dos currículos de Ciências, especificamente, as aprendizagens essenciais a serem asseguradas neste componente curricular foram organizadas em três unidades temáticas, que se repetem ao longo de todo o EF (BRASIL, 2017). Compreendendo os seguintes eixos temáticos: Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo.

Na BNCC, os processos investigativos são estimulados durante todo o EF, desde o 1º ano até termino no 9º (BRASIL, 2017):

Ao longo do Ensino Fundamental, a área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências (BRASIL, 2017).

Para o desenvolvimento do LC, ainda de acordo com Brasil (2017), o EF deve assegurar acesso à diversidade de conhecimentos científicos, produzidos ao longo da história, bem como a aproximação gradativa aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica.



Ensino de ciências investigativo

Neste trabalho, construímos uma proposta investigativa, para tratar do processo de construção do conhecimento através da investigação de um problema do cotidiano do aluno, utilizando sempre como ponto de partida o que o discente já dispõe em sua estrutura cognitiva, ou seja, dos seus conhecimentos prévios. Para Moreira (2009 e 2016), uma das condições para ocorrência de aprendizagem com significado é que o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal, tratando acerca do material utilizado em sala de aula.

O processo investigativo pode ser desenvolvido em qualquer nível de ensino, porém, as séries iniciais do EF são o local ideal para trabalhar com esta metodologia, pois nesta etapa os alunos estão nos primeiros contatos com a escola e em particular com ensino de ciências e os seus processos de ensino tendo, assim, papel fundamental para a sequência de aprendizagem. Se esse primeiro contato com a ciência for desagradável, trazendo apenas um trabalho de memorização, será muito difícil que esse educando consiga ao longo de sua vida escolar amenizar essa frustração (CARVALHO et al (2009):

Para que o primeiro momento do aluno com os processos de ensino, e em particular com o ensino de ciências, seja prazeroso e estimule a busca por conhecimento, o professor desempenha papel importante, como comenta Carvalho et al (2009):

O trabalho do professor deve direcionar-se totalmente para a aprendizagem dos alunos. Não existe um trabalho de ensino se os alunos não aprendem. É necessário que o professor tenha consciência de que sua ação durante o ensino é responsável pela ação do aluno no processo de aprendizagem (CARVALHO ET AL, p. 10, 2009).

Portanto, essa tomada de consciência pelo professor é muito importante para o bom desenvolvimento dos discentes no processo de ensino aprendizagem. Em crianças pequenas, conceitos são adquiridos, principalmente, através do processo de formação de conceitos, o qual é um tipo de aprendizagem por descoberta, envolvendo geração e testagem de hipóteses bem como generalizações, a partir de instâncias específicas (MOREIRA, p. 12, 2009 e 2016). Para isso ocorrer, o docente deve observar alguns pontos, que Carvalho, et al (2009) chamam de aspectos:

- Reconhecer o papel que desempenha a escolha do conteúdo no ensino e na aprendizagem das ciências;
- Reconhecer a existência de concepções espontâneas;

- Saber que os conhecimentos são respostas a questões;
- Conhecer o caráter social da construção do conhecimento científico.

Observando tais aspectos, os docentes tem a oportunidade de conceber o ensino de ciências aproximando dos conhecimentos científicos. Sendo assim, a ciência abordada em sala de aula precisa ser mais que uma lista de conteúdos disciplinares e deve permitir também o envolvimento dos alunos com características próprias do fazer da comunidade científica. Sasseron et al (2018) considera os pontos a serem observados do fazer científico como sendo a investigação, as interações discursivas e a divulgação das ideias.

Pensando em investigação, a mesma pode ocorrer de diversas formas, dependendo das condições disponíveis e as especificidades do que se investiga. Sasseron et al (2018) afirma que toda investigação científica deve envolver um problema, o trabalho com dados, informações e conhecimentos já existentes, o levantamento e o teste de hipóteses, o reconhecimento de variáveis e o controle destas, o estabelecimento de relações entre as informações e a construção de uma explicação. Porém, outros autores relatam que a elaboração de hipóteses não é necessariamente uma regra, projetos experimentais tradicionais normalmente incluem uma hipótese formalmente declarada, mas isso não é necessário ou típico de outros projetos (por exemplo, descritivo e correlacional) (Lederman et al 2019, p. 5, tradução nossa), referindo-se a investigação científica.

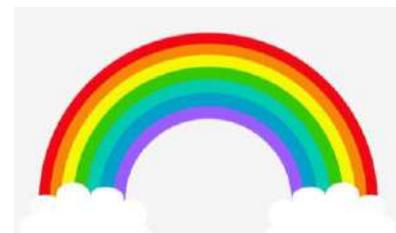
Para Hudson (1992) Apud Carvalho (2014), os estudantes desenvolvem uma melhor compreensão dos conteúdos quando tem a oportunidade de investigá-lo. Dessa forma, o aluno é levado a pensar e agir nos processos investigativos partindo de uma linguagem coloquial para uma linguagem científica e chegando na linguagem matemática, assim conseguindo entender a natureza das ciências.

Na elaboração desta proposta temos a consciência de que os alunos não irão pensar ou se comportar como cientistas, pois eles não têm nem idade, nem conhecimentos específicos e nem desenvoltura no uso das ferramentas científicas para tanto (CARVALHO, et al 2018). Baseamos esta proposta no trabalho das autoras Ana Maria Pessoa de Carvalho e Colaboradores (2018), que propõem atividades investigativas baseadas no que denominam Sequência de Ensino Investigativo (SEI), que são um conjunto organizado de atividades investigativas, para trabalhar determinado tema, cujo foco principal é o questionamento e o grau de liberdade intelectual do aluno (CARVALHO, 2014).

Observando que a proposta aqui elaborada não segue fielmente os passos de uma SEI definida – problema, experimental ou teórico, resolução e sistematização – elucidamos

traçados do processo investigativo, manipulando variáveis, explorando recursos áudios visuais e leitura de texto.

Ressaltamos que o trabalho investigativo pode ser elaborado de diversas formas, sem necessariamente ser executado em um laboratório, utilizando aparatos sofisticados ou implementos extraordinários. Assim, para a elaboração de uma SEI Carvalho, et al (2018) e Carvalho (2014) apresentam algumas formas e recursos que podem ser explorados, como: Textos históricos, experiências de demonstrações investigativas, laboratório aberto, aulas de sistematização ou textos de apoio, questões e problemas abertos e recursos tecnológicos.



Formação do Arco-íris

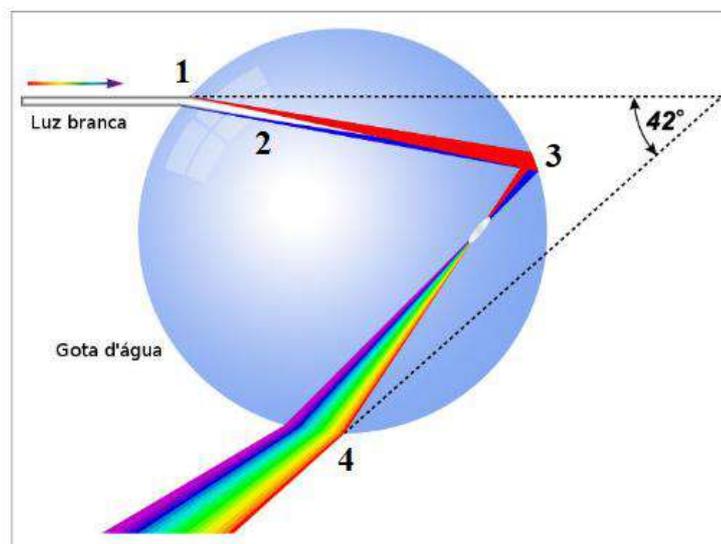
Para poder compreender o fenômeno da formação do arco-íris, precisamos lembrar que a luz originária do sol, que percebemos como luz branca, é formada por um conjunto de ondas. Nestas estão incluídas as ondas que correspondem às cores encontradas no arco-íris e que fazem parte do espectro da luz visível (AONO et al, 2017). Ao passar por meio das gotas de água numa chuva, por exemplo, sofre dispersão.

A decomposição da luz do Sol foi explicada por Isaac Newton com um experimento utilizando um prisma, a luz do sol, e uma sala bem escura. Newton fez um orifício numa tábua da janela, da ordem de um centímetro, por onde entrava um feixe de luz solar que incidia sobre um prisma de vidro, obtendo a decomposição da luz por meio da refração (SOGA, KOHATSU E MURAMATSU, 2018). Para Rocha, et al (2015), ele mostrou que não só a luz branca é uma mistura de cores, mas também que o índice de refração é diferente para cada cor, no caso do arco-íris, as gotículas de água da chuva fazem o papel do prisma.

Quando a luz passa de um meio para outro, sua velocidade de propagação muda. Esse fenômeno é chamado de refração (Soga, KOHATSU e MURAMATSU, 2018), e pode ser observado em várias situações do cotidiano, como por exemplo, quando observamos uma colher dentro de um copo de vidro cheio de água, e a colher aparenta estar quebrada, devido ao índice de refração da água ser diferente do ar. Mas, o que é índice de refração? Segundo Soga, KOHATSU e MURAMATSU (2018), o índice de refração da luz indica quantas vezes a velocidade da luz diminui ao passar do vácuo para um meio qualquer.

Para entender como se forma o arco íris, vamos analisar a Figura 1, e os processos que acontecem com a luz durante a sua passagem pela gotícula de água.

Figura 1: Dispersão da luz do sol ao passar pela gota de água.

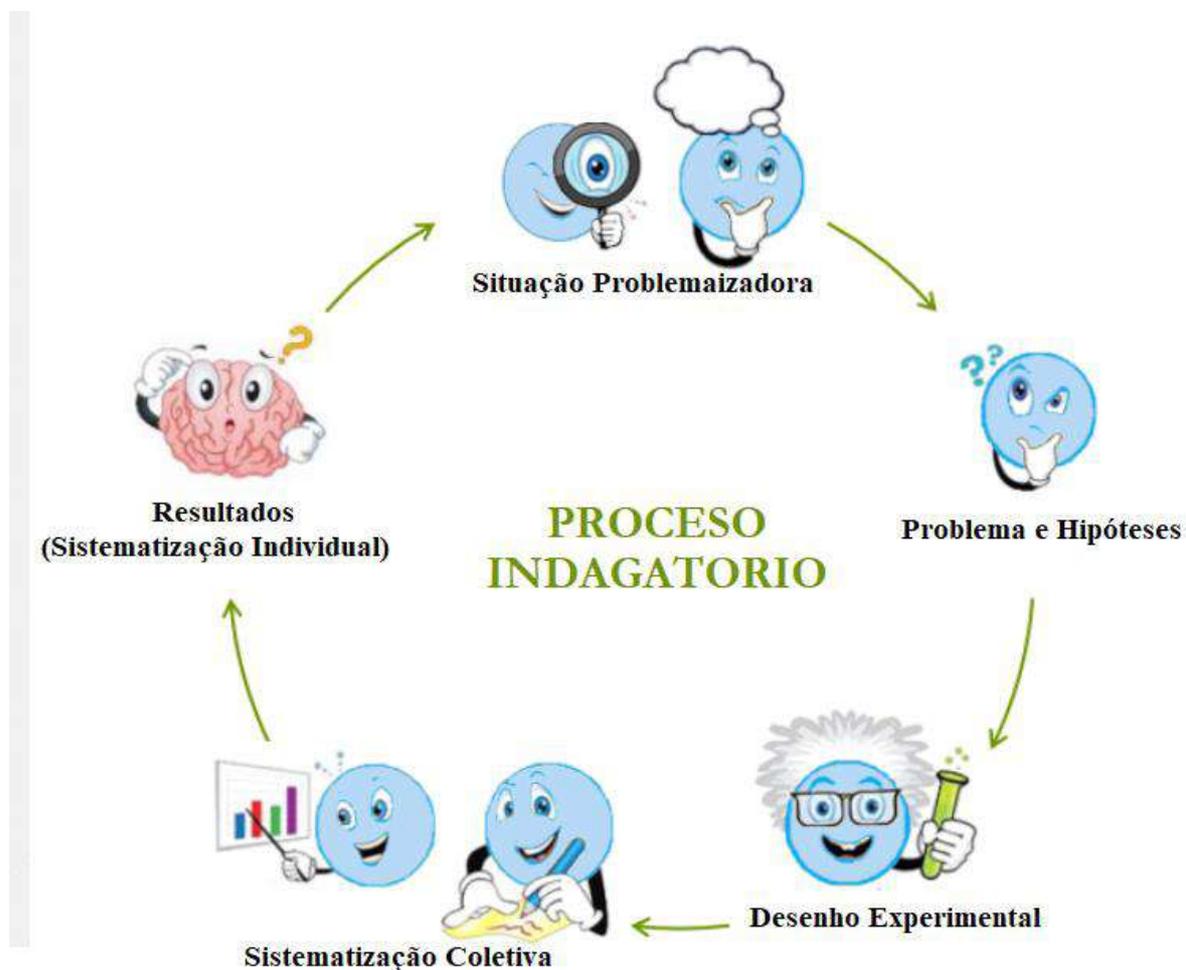


Fonte: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/a-dispersao-luz-branca.htm>

A gota de água funciona como um **prisma natural**, que provoca na luz do sol, os seguintes processos:

1. Dentro da gota d'água ou de vapor, o raio solar passa por uma refração – ou seja, se divide nas sete cores que compõem a luz branca;
2. Cada onda colorida é desviada em um ângulo diferente, de acordo com sua velocidade de propagação;
3. Os raios coloridos são refletidos na borda do fundo da gota;
4. Ao saírem da gota, os raios são desviados mais uma vez, nova refração. O efeito é igual ao de uma lente de aumento;
5. O ângulo ideal para observação do fenômeno é 42° do observador em relação às gotas e o espetáculo acaba quando o Sol muda de posição ou quando um vento forte dissipa a umidade do ar.

Estrutura da proposta didática investigativa desenvolvida



Fonte: www.webciencia.es

Proposta Investigativa A

Nível Educacional: 3º ano do Ensino Fundamental

Tempo Previsto: 04 horas aulas.

Temática

Conteúdo: Luz

Tipo: Decomposição da luz por refração.

Título: “O Sonho do Camaleão”

Objetivo: Potencializar o desenvolvimento da competência científica em suas dimensões conceitual, procedimental e atitudinal, em particular associadas com a formação do arco-íris e a decomposição da luz branca, por meio de atividade investigativa.

Etapas:

- 1 - Situação Problematizadora
- 2 - Problema e Hipóteses
- 3 - Desenho Experimental
- 4 - Sistematização Coletiva (discussões e material áudio visual)
- 5 - Resultados (sistematização individual)

Proposta didática A:

Esta atividade deve ser iniciada com a formação de equipes de três, quatro ou no máximo cinco alunos por equipe, sentados em volta da mesa ou em círculo. A opção do trabalho em grupo é muito importante, pois os alunos com desenvolvimentos intelectuais semelhantes têm mais facilidade de comunicação, por que é mais fácil propor ideias a um colega que ao professor (Carvalho, et al, 2018). O professor aplicador seguirá a seguinte sequência:

1 – SITUAÇÃO PROBLEMATIZADORA: a cada aluno é entregue uma folha com o texto, “O Sonho do Camaleão” *Seção I*, que contém também os questionamentos: *a) Após ler o texto e refletir sobre ele, que pergunta você faria ao observar a situação do texto?* e *b) Após observar a pergunta do personagem do texto, como você a responderia?* Solicite aos alunos uma leitura individual, seguida da leitura coletiva mediada pelo professor aplicador, e posterior atividade (que pode ser individual ou coletiva).

2 – PROBLEMA E HIPÓTESES: depois dos questionamentos da etapa 1 serem respondidos pelo alunos, recolhe-se a folha 1 e se entrega a folha 2 desta etapa, que traz as seguintes indagações: *a) O que é necessário para que se forme um arco-íris?* Os alunos devem expressar seus conhecimento cotidianos a respeito do tema. *b) Escreva as hipóteses*

acima no formato que segue, Se... Então... c) Porque essas hipóteses? Dê motivos para convencer seus colegas de classe. No item “c”, a intenção é que os alunos justifiquem seus pontos de vista, por meio de argumentos, que às vezes aparecem de forma verbal e não escrita. Concluindo todos recolhe-se a folha 2. A atividade escrita pode ser feita de maneira individual ou coletiva, entretanto a discussão em equipe favorece o desenvolvimento da argumentação.

3 - DESENHO EXPERIMENTAL: Com os alunos ainda em grupo, se entrega para cada grupo, os seguintes materiais: um lanterna, um laser, um prisma caseiro⁴ vazio e a folha com as instruções dos dois desenhos experimentais, contendo as hipóteses e a sugestão de experimento, com local de anotação para a “Previsão e Observação” do resultado do experimento. É natural nesta fase haver desentendimento entre os alunos no manuseio do material, o professor aplicador deve orientar que todos devem ter a oportunidade de trabalhar com os materiais. No primeiro desenho experimental os alunos deverão iluminar o prisma caseiro vazio com a luz do laser, da lanterna e luz do sol, anotando na tabela da folha uma previsão (antes da execução) e o observado (após a execução). A Figura 02 apresenta os objetos utilizados.

Figura 02: Materiais utilizados no desenho experimental 1.



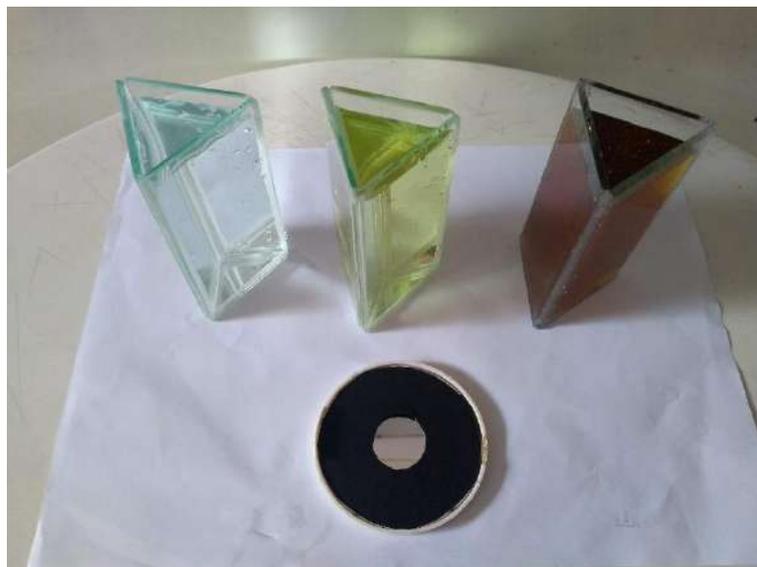
Fonte: Os autores (2019)

O segundo desenho experimental pode ser feito pelas equipes ou pelo professor aplicador de forma demonstrativa, usando os objetos da Figura 03, enchendo três prismas caseiros com óleo de cozinha, mel e água, respectivamente e iluminando os prismas com a luz do sol, pedindo aos alunos que façam as anotações do mesmo jeito que no primeiro, com a

⁴ Passo a passo de como fazer: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol16-Num2/a14-low.pdf>

previsão e o observado. Vale ressaltar que em cada desenho experimental o professor aplicador ou os alunos devem iluminar o prisma com luz do sol; para evitar que os alunos saiam de sala, sugerimos desviar a luz do sol da parte externa da sala para parte interna utilizando um pequeno espelho.

Figura 02: Materiais utilizados no desenho experimental 2.



Fonte: Os autores (2019)

4 – SISTEMATIZAÇÃO COLETIVA: após a fase experimental, o professor recolhe todo o material e solicita aos alunos que desfaçam os círculos e formem um círculo “grande” na sala em que todos consigam se ver. O professor deve iniciar a discussão solicitando que relatem o que foi feito até o momento. Continuando, o professor pode fazer pergunta do tipo: “Qual o sonho do camaleão?” O que é preciso para formar um arco-íris? Conseguimos fazer um arco-íris? Qual experimento deu certo e qual não deu? As suas previsões deram certo? O que acontece com a luz ao passar pelo prisma cheio com óleo, mel ou água?

Nesta conversa, o professor deve promover que os alunos construam na sua estrutura cognitiva o processo de formação do arco-íris, sua dependência com as variáveis luz do sol e água. Após todos terminarem os relatos, o professor irá apresentar a simulação computacional do software⁵ *Phet Simulations* da Universidade do Colorado-EUA com os seguintes passos: a) abrir o software “Desvio da luz”, (alternativamente pôde-se baixar a simulação, para trabalho *off-line*); b) Clicar na função “Prisma”, selecionar o objeto na forma de triângulo, que é à base do prisma visto de cima, posicionando na frente do canhão de luz; c) selecionar a luz

⁵ Este software por ser feito o download na opção copiar, para uso *off-line* pelo site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/bending-light

policromática (luz branca), ajustar o índice de refração do objeto para o índice da água, deixando o índice do meio igual ao ar, em seguida acionar o botão do canhão de luz para observar a passagem da luz pelo prisma e seus efeitos. Os alunos devem observar a decomposição da luz, semelhante ao do desenho experimental 2. Outras possibilidades de uso da simulação também podem ser desenvolvidas. Se a escolar tiver sala multimídia, os alunos podem inclusive manipular em equipe, construindo de maneira mais ou menos mediada pelo professor, o seu próprio conhecimento.

Terminando essa fase, o professor deve exibir o desenho animado “O show da Luna” com o episódio⁶ - O arco-íris, que trata de forma lúdica o tema trabalhado, com duração de 12 minutos. Este episódio, bem como vários outros da série, pode se comprado em DVD, ou baixado de internet.

5 – SISTEMATIZAÇÃO INDIVIDUAL – Nesta etapa o professor desfaz o círculo, em seguida entrega a folha da sistematização individual, solicitando que os alunos façam um desenho expressando o que foi estudado na aula e descreva seu desenho de forma escrita em poucas palavras. Neste momento os alunos irão expressar os conhecimentos adquiridos no processo investigativo, e assim, o professor poderá avaliar a evolução cognitiva de cada aluno.

⁶ Link do site: <https://www.youtube.com/watch?v=is9IsFIzaGM>

Proposta Investigativa B

Nível Educacional: 6º ano do Ensino Fundamental

Tempo Previsto: 04 horas aulas.

Temática

Conteúdo: Luz

Tipo: Decomposição da luz por refração.

Título: “A Pergunta de Roberto Carlos”

A proposta investigativa B seguiu os mesmos passos da proposta A, a única diferença é o texto da situação problematizadora, seção II, que é diferente voltado para alunos com maior desenvolvimento cognitivo.

Outro ponto diferente é o desenho animado que sugerimos, que tem como título “De onde vem o arco-íris⁷”, que trata de forma lúdica o tema trabalhado com duração de 04 minutos, o link para o vídeo está no rodapé da página.

⁷ Link para o desenho “De onde vem” <https://www.youtube.com/watch?v=tW819inM4hg>

Seção I – Texto de Apoio da proposta A e Formulários utilizados

1 – SITUAÇÃO PROBLEMATIZADORA

a. Leitura

O SONHO DO CAMALEÃO

O Senhor Camaleão mora na floresta. Sempre que aparece um inimigo, ele muda de cor. Geralmente, ele está verde, da cor das folhas. Outras vezes, ele está marrom ou amarelo. O Senhor Camaleão só não consegue ficar colorido e seu sonho é ficar como o arco-íris. Um dia, a coruja teve uma ideia e lhe disse:



- Amigo, posso lhe emprestar as minhas asas. Você vai ao céu e pergunta para o arco-íris: o que devo fazer para ficar colorido?

Para voar, o Senhor Camaleão pegou emprestado as asas da coruja.

Durante horas o Senhor Camaleão voou e quase se perdeu. Não conseguiu alcançar o arco íris e assim entender o porquê de suas cores.

Voltou, devolveu as asas da coruja, e exclamou tristonho:

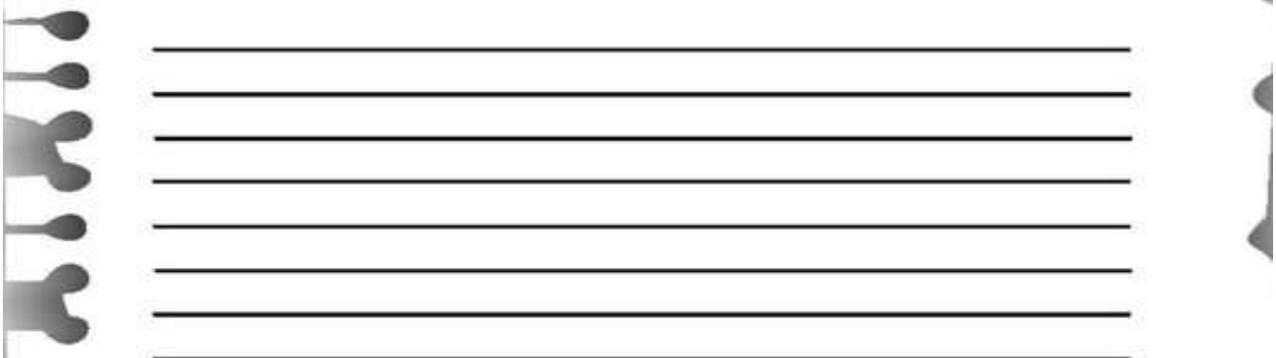
- Não vou realizar meu sonho de ficar como o arco-íris...

b. Que pergunta você faria ao observar a situação do texto?

c. Após observar a pergunta do personagem do texto, escreva ideias que responderiam a sua pergunta?

2 – Problema e Hipóteses

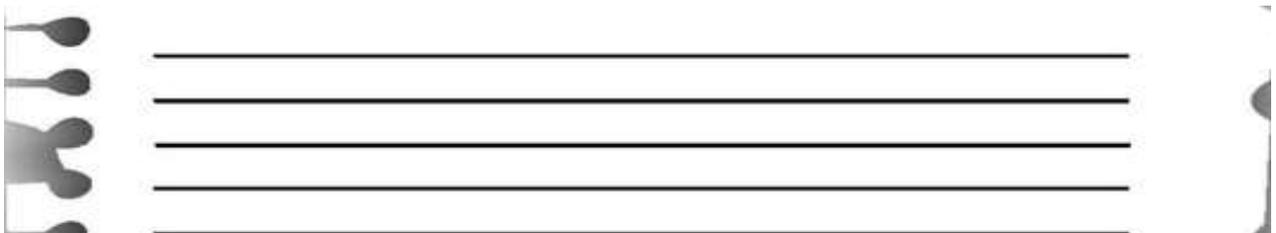
a. O que é necessário para que se forme um arco-íris?



b. Escreva as hipóteses acima no formato que segue.

SE ... <hr/> <hr/> <hr/>	→	ENTÃO ... <hr/> <hr/> <hr/>
SE ... <hr/> <hr/> <hr/>	→	ENTÃO ... <hr/> <hr/> <hr/>

c. Por que essas hipóteses? Dê motivos para convencer seus colegas de classe.



3 – DESENHO EXPERIMENTAL

Hipótese I - Um arco-íris se forma quando tem Sol, mas não se forma quando usamos uma lanterna.

Experimento 1 - *Iluminar um objeto translucido (prisma) com luz de diferentes fontes e observar o resultado.*

LUZ INCIDENTE	PREVISAO Cor que você crê que se verá após o prisma	OBSERVAÇÃO Cor que se vê após o prisma
Laser		
Lanterna		
Luz do Sol		
CONCLUSAO		

Hipótese II - Um arco-íris se forma quando tem chuva, quando tem água.

Experimento 2 - Iluminar vários prismas cheios com substancias diferentes, com luz branca e observar o resultado.

MATERIAL	PREVISÃO O que você crê que se verá após o prisma	OBSERVAÇÃO O que se vê após o prisma
Prisma com óleo		
Prisma com mel		
Prisma com água		
CONCLUSAO		

4 – Sistematização Coletiva

a) Conversa com todos os alunos organizados em círculo

b) Simulador computacional Phet Simulations – Disponível em:

https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_pt_BR.html

c) Sugestão de vídeo: Show da Luna – “O arco-íris” – Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=is9IsFIzaGM>

5 – Sistematização Individual

Dos processos observados nos experimentos e demonstrações, que conclusões você tem sobre o arco-íris?



Seção II – Texto de apoio da proposta B e Links do simulado e vídeos

A PERGUNTA DE ROBERTO CARLOS

Na Vila do Poção, localizada na zona rural do município de Garrafão do Norte – PA, vive um menino chamado Roberto Carlos. Ele tem mais dois irmãos e vive com seus pais, nas margens do Rio Guamá, de onde tiram boa parte de seu sustento.

A vida na localidade segue seu próprio ritmo, sem a euforia dos grandes centros urbanos, sempre obedecendo ao que a natureza proporciona, ou seja, no verão é época de safra e melhor momento para pescaria e no inverno o rio sobe muito seu nível e alaga grandes áreas nas margens.

Certo dia, Roberto foi pescar com seu pai na canoa feita de madeira que a família usa para se locomover no rio. Durante a pescaria, no meio da tarde, começou a chover, e logo depois que parou e o Sol apareceu, um lindo arco-íris se formou no horizonte. O garoto, sempre muito curioso com tudo que acontecia a seu redor, ficou admirado com aquelas cores, que surgiam do nada, entre as nuvens azuis e brancas do céu, e comentou:

- Pai, o senhor tá vendo o arco-íris lá no lado de onde vem a chuva? Ele tem quantas cores?

O pai sem dar muita atenção à curiosidade do filho, concentrado que estava na pescaria, sustento de sua família, respondeu rapidamente:

- São várias cores, não parei pra contar a quantidade. Vamos, me ajuda pra gente terminar logo com isso, antes que venha chuva de novo.

Triste por não poder satisfazer sua curiosidade, o jovem garoto retomou o trabalho com o pai. Enquanto o sol estava aparecendo no céu o arco-íris estava lá, e, porém aos poucos as nuvens encobriram o Sol e começou a chover fortemente. Assim, o espetáculo das cores sumiu e os dois retornaram para casa com alguns peixes que seriam o jantar da família.

Sites do simulado e dos vídeos

a) Simulador computacional Phet Simulations – Disponível em:

https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_pt_BR.html

b) Desenho animado: Show da Luna – O Arco-íris - Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=is9IsFIzaGM>

c) Desenho animado: De onde vem o arco-íris? – Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=tW819inM4hg>

Referências Bibliográficas

AONO, Casiano M. Professor, para que estudo isso? Organizadores: Casian M. Aono, Gabriela Dias da Silva e Paulo Homem-de-Mello – Editora Livraria da Física, 2017.

AZEVEDO, Maria Nizete. ABIB, Maria Lúcia Vital Dos Santos. O arco-íris em foco: a linguagem como mediação do ensino e da aprendizagem sobre conhecimentos físicos. Revista Brasileira de Educação. V. 23. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/inicio>>. Acesso em: junho. 2019.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico / Anna Maria Pessoa de Carvalho... [et al.]. – Scipione, 2009. (Coleção Pensamento e ação na sala de aula).

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Calor e Temperatura: um ensino por investigação; Anna Maria Pessoa de Carvalho, organizadora. – Editora Livraria da Física, 2014.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula / Anna Maria Pessoa de Carvalho, (org.). - Cengage Learning, 2018.

LEDERMAN, Judith. An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. Norman Lederman, Selina Bartels e Juan Jimenez. J Res Sci Teach. 1–30; 2019.

MOREIRA, Marco Antonio. A Teoria da Aprendizagem Significativa. Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. 2009 (1ª edição), 2016 (2ª edição revisada), Brasil.

ROCHA, José Fernando M. Origens e evolução das ideias da física. José Fernando M. Rocha (Org.) – 2. Ed. – EDUFBA, 2015.

SASSERON, Lúcia Helena. Souza, Vitor Fabricio Machado. Alfabetização Científica na Prática: inovando a forma de ensinar Física; coordenação: Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira. - 1ª Ed. – Editora Livraria da Física, 2017. – (Série Professor Inovador).

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. Revista Ensaio, V. 17 n. especial /2015.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica / Lúcia Helena Sasseron, Anna Maria Pessoa d Carvalho. Investigação de Ensino de Ciências – V. 16(1), 2011.

SASSERON, Lúcia Helena. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - RBPEC 18, 2018.

SOGA, Diogo. KOHATSU, Doris. MURAMATSU, Mikia. Revisitando os Prismas Caseiros: uma atividade experimental no estudo da refração da luz. Física na Escola, V. 16, n. 2, 2018.