

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA

TALISSA CRISTINI TAVARES RODRIGUES

**O ensino de Óptica em Física: repensando as ações pedagógicas com enfoque
na Teoria das Inteligências Múltiplas.**

Porto Alegre

2014

TALISSA CRISTINI TAVARES RODRIGUES

O ensino de Óptica em Física: repensando as ações pedagógicas com enfoque na Teoria das Inteligências Múltiplas.

Proposta de dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e Matemática.

Orientadora: Dra. Ana Maria Marques da Silva

Porto Alegre

2014

CATALOGAÇÃO NA FONTE

R696e Rodrigues, Talissa Cristini Tavares
O ensino de óptica em física: repensando as ações pedagógicas com enfoque na teoria das inteligências múltiplas / Talissa Cristini Tavares Rodrigues. — Porto Alegre, 2014.

159 f. : il.

Diss. (Mestrado) – Faculdade de Física. Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemática, PUCRS, 2014.

Orientador: Profa. Dra. Ana Maria Marques da Silva.

1. Física – Ensino Médio. 2. Óptica - Ensino. 3. Inteligências Múltiplas. 4. Gardner, Howard - Crítica e Interpretação. I. Silva, Ana Maria Marques da. II. Título.

CDD: 372.35

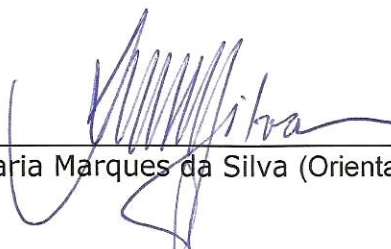
Alessandra Pinto Fagundes
Bibliotecária
CRB10/1244

TALISSA CRISTINI TAVARES RODRIGUES

"O ENSINO DE ÓPTICA EM FÍSICA: REPENSANDO AS AÇÕES PEDAGÓGICAS COM ENFOQUE NA TEORIA DAS INTELIGÊNCIAS MÚLTIPLAS"

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e Matemática.

Aprovado em 28 de março de 2014, pela Banca Examinadora.



Dra. Ana Maria Marques da Silva (Orientadora - PUCRS)



Dra. Bettina Steren dos Santos (FACED/PUCRS)



Dr. João Batista Siqueira Harres (PUCRS)

Dedico esta dissertação a todos aqueles que apoiaram e incentivaram o meu crescimento acadêmico e aos professores que não medem esforços para descobrir os potenciais de seus alunos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Bolsas de Estudo de Pós Graduação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

À minha orientadora, Dra. Ana Maria Marques da Silva, pela paciência e dedicação nesse processo e aos demais professores do Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências e Matemática, da PUCRS, pelos ensinamentos oportunizados.

Aos meus alunos pelo carinho e dedicação durante a realização desta pesquisa. Saibam que foram fundamentais nesse período da minha vida acadêmica.

À minha família que sempre esteve ao meu lado apoiando as minhas decisões.

Ao meu companheiro, Alexandre Capaverde, e colegas de profissão, Maria do Carmo Lagreca, Ione Araújo, Marcelo Maciel e Thaís Bernardes, pelo incentivo e credibilidade no meu trabalho.

RESUMO

No estudo que deu origem à Teoria das Inteligências Múltiplas (IM), Gardner (2001) afirma que somos dotados de um espectro composto por diversas inteligências e o desenvolvimento individual depende do contexto cultural. Assumindo os pressupostos da teoria das IM e refletindo sobre o contexto do ensino de Óptica, foram desenvolvidas e avaliadas atividades e ações pedagógicas para o Ensino Médio Politécnico, implantado, no Rio Grande do Sul, em 2012, que buscavam ampliar o aprendizado dos alunos. O planejamento das atividades partiu do mapeamento das ideias prévias dos alunos sobre a natureza da luz. Este mapeamento inicial mostrou que os alunos apresentavam dificuldade em expressar a natureza da luz ou descrever o seu significado. Foram desenvolvidas atividades, que foram aplicadas a um grupo de alunos do Ensino Médio Politécnico de uma escola pública estadual urbana, do Rio Grande do Sul, ao longo de um trimestre letivo. Para tanto, foram utilizados os pontos de partida propostos pela Teoria das IM para estimular múltiplas inteligências: Linguística, Lógico-matemática, Espacial, Físico-cinestésica, a Naturalista e Pessoal. O espectro de inteligências, em sua totalidade, não foi estimulado, embora, em cada atividade, se tenha procurado envolver o maior número possível de inteligências. Verificou-se que as atividades promoveram não só a complexificação das ideias prévias, mas o desenvolvimento da autonomia dos alunos para se posicionarem quanto às teorias sobre a natureza da luz e os fenômenos luminosos. Ao longo desta pesquisa, ao buscarmos estimular maior número possível de inteligências, apresentando a Óptica sob diferentes perspectivas, incomuns no ensino de Física, como o uso de atividades de pintura, desenho e contação de histórias, as quais permitiram que os alunos fizessem uso de suas habilidades, construindo o aprendizado em conjunto com os demais colegas e com o professor. Conclui-se que a teoria das IM, praticada na sala de aula, pode se mostrar como uma possível solução para melhorar o rendimento escolar e a autoestima do aluno, uma vez que considera a inteligência pluralista, não enfatizando apenas a linguística e a lógico-matemática.

Palavras-chaves: teoria das inteligências múltiplas, ensino de Óptica, Gardner

ABSTRACT

In the study that led to the Theory of Multiple Intelligences (MI), Gardner (2001) states that we are endowed with a spectrum composed of several intelligences and the individual development depends on the cultural context. Assuming the principles of MI theory and reflecting on the context of teaching optics activities and educational activities for Polytechnic High School, which was deployed in Rio Grande do Sul in 2012, were developed and evaluated in order to improve students' learning.

The activities planning started from previous students' ideas mapping about the nature of light. This initial mapping showed that students had an immense difficulty in expressing the nature of light or describing its meaning. Activities were developed and applied to a group of students from an urban Polytechnic Public High School, in Rio Grande do Sul, over an academic quarter. The starting points proposed by the Theory of IM were used to stimulate multiple intelligences: Linguistic, Logical-mathematical, spatial, bodily-kinesthetic, naturalist, and Personal. The spectrum of intelligences, in it's entirely, was not stimulated, although in each activity, but we sought to involve the largest possible number of intelligences. It was found that the activities promoted not only the complexity of previous ideas, but the development of students' autonomy to positining themselves about the nature of light theories and the optical phenomena. Throughout this research, we seek to encourage the greatest possible number of intelligences, presenting different perspectives in Optics, unusual in physics teaching, such as the use of painting, drawing and storytelling activities, allowing students to make use of their skills, building learning together with other colleagues and with the teacher. We concluded that MI theory, practiced in the classroom, can show up as a possible solution to improve students' academic achievement and self-esteem, as it considers the pluralistic intelligence, not only emphasizing the linguistic and logical-mathematical.

Keywords: theory of multiple intelligences, optics teaching, Gardner

“Em um tempo em que o conhecimento, construtivo e destrutivo, está avançando de forma acelerada em direção a uma era atômica fantástica, uma adaptação genuinamente criativa parece se apresentar como a única possibilidade para o homem manter-se à altura das mudanças caleidoscópicas de seu mundo.”.

ROGERS (1954, apud. MARANHÃO, 2004).

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Possibilidades de atividades relacionadas com o espectro de inteligências (SMOLE, 2000).....	42
Quadro 2 - Possibilidades de atividades para o estudo da Óptica visando uma abordagem baseada na Teoria das IM.....	46
Quadro 3 - Atividades desenvolvidas para o estudo da Óptica visando uma abordagem na Teoria das IM.	63
Quadro 4: Critérios de avaliação ao término do trimestre letivo	159

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- “Árvore das IM” para o Ensino de Física.....	44
Figura 2 – Representação linguística das ideias iniciais sobre a natureza da luz.	52
Figura 3 – Representação artística das ideias iniciais sobre a natureza da luz.	52
Figura 4 – Mapa conceitual que apresenta a natureza da luz como “Fonte de algo”.	54
Figura 5 – Produção artística que apresenta a ideia de “objetos que refletem outros objetos”.	55
Figura 6 – Mapa conceitual com diversidade de ideias.....	56
Figura 7 – Produção textual sobre a natureza da luz.	56
Figura 8 – Esquema representativo do experimento utilizado na atividade “Olhos que mentem”.	69
Figura 9 - Imagem iluminada pela luz monocromática vermelha.	70
Figura 10 - Imagem iluminada pela luz monocromática amarela.	70
Figura 11 - Misturas das cores do sistema RGB.	71
Figura 12 – Imagem representativa das primeiras câmeras fotográficas.	73
Figura 13 – Cena do desenho animado “ <i>Tom & Jerry</i> ” – Especial de Natal.....	76
Figura 14 – Alguns dos materiais utilizados na atividade brincando com espelhos. .	76
Figura 15 - Experimento realizado por Newton.	80
Figura 16 - Decomposição da luz branca na superfície de um CD.	80
Figura 17 - Espectrômetro caseiro.	81
Figura 18 - Espectro correspondente à luz branca.....	83
Figura 19 – Obra produzida por aluno com a fonte luminosa localizada à sua frente.	88
Figura 20 – Obra produzida por aluno com a fonte luminosa localizada às suas costas.....	88
Figura 21 – Obra produzida por aluno com a fonte luminosa localizada à sua direita	88
Figura 22 – Obra produzida por aluno com a fonte luminosa localizada à sua esquerda	89
Figura 23 – Caminho que a luz refletida pela lua percorre até o observador quando esta está no zênite (a) e quando está no horizonte (b).	96

Figura 24 - Complexificação das ideias dos alunos (Grupo 1) – Evidência I, antes (a) e depois (b)	99
Figura 25 - Complexificação das ideias dos alunos (Grupo 3) – Evidência II, antes (a) e depois (b).	101
Figura 26 - Complexificação das ideias dos alunos (Grupo 2) – Evidência III, antes (a) e depois (b).	103
Figura 27 - Complexificação das ideias dos alunos (Grupo 7) - Evidência IV, antes (a) e depois (b).	104
Figura 28 - Representação das ideias do Grupo 14, evidenciando a resistência do Significado mítico e Forma de Energia – Antes (a) e depois (b).	106
Figura 29 – Texto do Grupo 5 com contradições internas sobre a ideia das cores.	108

SUMÁRIO

1	Introdução	14
1.1	Contextualização	14
1.2	Problema de pesquisa.....	15
1.3	Objetivo geral	17
1.4	Objetivos específicos.....	17
1.5	Justificativa	18
1.6	Estrutura da dissertação.....	19
2	Fundamentação teórica	21
2.1	A origem da Teoria das Inteligências Múltiplas e o espectro de inteligências.	21
2.2	A educação e a teoria das Inteligências Múltiplas.	25
2.3	Caminhos para a compreensão: a abordagem na teoria das IM.	27
2.4	O “Meme” e os mitos da sua prática escolar.	31
2.5	A teoria das IM conquista o mundo.	35
3	Metodologia	38
3.1	Características da pesquisa	38
3.2	Sujeitos de pesquisa	39
3.3	Delineando as ideias dos alunos.....	40
3.4	Delineando as ações pedagógicas.....	41
3.5	Delineando a análise dos dados.	47
4	Resultados e discussões	50
4.1	Ideias dos alunos sobre a natureza da luz	50
4.2	Ações pedagógicas sob a ótica da teoria das IM	62
4.2.1	Contos de Física	65
4.2.2	Olhos que mentem	69
4.2.3	Da caixa de sapato à câmera fotográfica.	73
4.2.4	Jogo dos erros e brincando com espelhos	75
4.2.5	Decompondo a luz branca	80
4.2.6	Seja Monet por um dia	85
4.2.7	Diário Lunar.....	91
4.3	Análise das ações pedagógicas para o aprendizado da Óptica.	97

5	Considerações finais.....	110
	Referências	116
	APÊNDICE A - Análise das ideias iniciais sobre a natureza da luz nos mapas conceituais, produções textuais e artísticas dos alunos.....	121
	APÊNDICE B - Transcrição e análise da gravação do discurso dos alunos, realizada durante a discussão, no grande grupo, sobre as ideias iniciais quanto à natureza da luz.....	136
	APÊNDICE C - Roteiros das atividades experimentais realizadas com os alunos.....	142
	APÊNDICE D - Análise das novas ideias sobre a natureza da luz nos mapas conceituais, produções textuais e artísticas dos alunos.....	146
	APÊNDICE E - Critérios utilizados para avaliar o os alunos no final do trimestre letivo.....	158

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Nesses últimos anos, trabalhando no Ensino Médio, em escolas públicas, pude perceber algumas lacunas que existem no ensino de Física. Lacunas que, muitas vezes, são ocasionadas pela falta de professor de Física que acaba sendo substituído por um profissional de outra área, ou pela crença dos professores de Física de que seus alunos somente aprendem se reproduzirem o que lhes ensinam. Não se pode condenar esses profissionais, uma vez que “o nosso ensino é voltado para a reprodução de conhecimento, e pouco, ou nada se faz no sentido de preparar o aluno para a produção de ideias e conhecimento” (ALENCAR, 1990). Em 2010, o Programa Internacional de Avaliação dos Alunos (PISA) divulgou resultados que colocavam a educação Brasileira entre as piores do mundo e, indubitavelmente, não há dificuldades em se verificar isso na prática (MELO, 2011).

No ensino de Física parece existir um enfoque exagerado em direcionar para a intensa aplicação de equações, sem dar significado aos conceitos (MELO, 2011). Promovendo no aluno a ideia de que é necessário decorar as fórmulas para aprender, alimentando um aprendizado mecânico.

Incomodada com esse cenário, procurei refletir sobre o ensino de Física nas escolas, atividades e ações pedagógicas que poderiam ser realizadas a fim de modificar, ainda que lentamente, tal situação. Durante três anos de magistério, procurei modificar a visão que os meus alunos apresentavam em relação à Física. Aos poucos, as atividades e ações elaboradas foram transformando-se daquela “Física-matemática” para uma disciplina onde eles se divertiam investigando fenômenos e desenvolvendo desafios, não apenas com exercícios, experimentos e aulas expositivas-dialogadas, mas também, através da arte, dramatização e diálogo.

Todas estas ações eram intuitivas. Ao ingressar no programa de Pós Graduação do Mestrado em Educação em Ciências e Matemática, aos poucos, descobri autores que abordavam diferentes métodos e diferentes teorias do aprendizado. O mestrado serviu para enriquecer e aprimorar minhas ações, pois agora, elas se sustentam em uma teoria científica. Aquilo que era puramente intuitivo e carregado de desejo de mudança, hoje está fundamentado na teoria das

inteligências múltiplas que, embora não represente uma teoria de aprendizado ou método, tem sua importância no sentido de estimular o aluno a usar suas habilidades para resolver as situações propostas, mostrando que todos são capazes de aprender, dentro do seu tempo, dentro das suas limitações.

1.2 Problema de pesquisa

Em 1905, Binet e Theodore Simon criaram a Escala de Binet-Simon, mais tarde chamada de testes de quociente de inteligência QI, por W. Stern (SMOLE, 2000). Esta escala era utilizada para identificar a necessidade de maior intervenção do professor no processo de aprendizado das crianças que poderiam, futuramente, apresentar dificuldades na vida escolar. Uma vez que essa criação se deu no contexto francês, no qual as escolas se preocupam mais com a linguística e a matemática, as questões que compunham o teste para se chegar aos valores da escala, serviam para investigar somente tais aspectos. Com o passar dos anos, os testes se tornaram uma grandeza quantificável e as pessoas eram classificadas conforme seu QI (GARDNER, 2001).

De certa forma, os testes de Binet ainda persistem nas escolas, mascarados como provas e listas de exercícios, nos quais o aluno recebe um conjunto de perguntas e “problemas” que, geralmente, não passam da reprodução do que foi trabalhado em sala de aula. Para mostrar seu aprendizado, devem respondê-los de tal forma que seja alcançado um valor numérico relativamente alto: uma nota. Nesse procedimento, usualmente não se leva em consideração se os alunos possuem outras capacidades, além de reproduzir o que já foi visto em aula.

Refletindo sobre contexto semelhante, Robilotta (1988) apresenta a ideia de que o ensino de Física e das demais áreas do conhecimento acontece em um cenário onde não há interesse do aluno em aprender. Ele se contenta em somente estudar para passar de ano e o professor é uma figura representativa que cumpre seu papel de ensinar, quando no fundo, o que almeja é somente o salário. Cerca de vinte anos depois, Menegotto e Rocha Filho (2008) publicam um estudo realizado com estudantes apresentando suas visões sobre a Física e seus professores, onde verificam que a situação de desinteresse persiste e, que o professor, na maioria dos casos, não leva em consideração os conhecimentos prévios de seus alunos, não faz

conexão com aquilo que está presente no cotidiano, ensinando uma Física complexa, utilizando uma linguagem incompreensível e, por fim, não considerando o tempo de aprendizado de cada um.

Em Física, por exemplo, no ensino da Óptica, grande parte dos professores desenvolve o conteúdo abordando somente a Óptica geométrica, onde a luz é tratada como um raio geométrico. Essa abordagem veda todas as evidências de que a luz se propaga em um espaço tridimensional e que existem obstáculos durante essa propagação, ou seja, não se consideram os aspectos relacionados à natureza ondulatória da luz (GIRCOREANO; PACCA, 2001). O professor apenas apresenta regras relacionadas ao estudo da Óptica geométrica. Ao aluno, cabe a posição de apenas aceitar tudo como “verdadeiro” e, futuramente, reproduzir na prova, alcançando uma boa nota. Não se leva em consideração a sua percepção sobre a natureza da luz, a aplicabilidade do conteúdo da Óptica (ondulatória e geométrica) nas novas tecnologias, tampouco se consideram as múltiplas capacidades de cada aluno para desenvolver seu aprendizado.

Em contraste com este contexto, na psicologia surgem cada vez mais estudos afirmando a existência de tipos diferentes de inteligências (SMOLE, 2000), capacidades (GARDNER, 2001), e a sua importância quando utilizadas no contexto escolar.

No estudo que deu origem à Teoria das Inteligências Múltiplas, - conhecida como “teoria das IM”, Gardner (2001) afirma que somos dotados de um espectro composto por oito, nove ou até mesmo, doze inteligências diferentes e o desenvolvimento maior ou menor de cada uma dependerá do contexto cultural ao qual pertencemos. Desta forma, não aprendemos no mesmo tempo e tampouco, da mesma maneira. Sendo assim, se faz necessário uma reflexão sobre como as escolas promovem e avaliam o aprendizado.

Levando em consideração o contexto apresentado sobre o ensino de Óptica em Física, a fim de buscar uma possível mudança quanto a essa situação, o professor deve refletir sobre as atividades e abordagens dos conteúdos que vêm propondo aos seus alunos. Na atual proposta de ensino, do Rio Grande do Sul (Ensino Médio Politécnico), as avaliações são emancipatórias, isto é, o aprendizado não é sinalizado em um único instrumento avaliativo, mas sim, através de “n” instrumentos que ocorrerão ao longo do ano letivo. Nessa perspectiva, é necessário que o professor assuma o compromisso de novas práticas avaliativas (Proposta

Pedagógica para o Ensino Médio Politécnico e Educação Profissional Integrada ao Ensino Médio - 2011-2014, p. 20).

Os alunos precisam se deparar com atividades ou ações pedagógicas que considerem seus conhecimentos prévios (MENEGOTTO; ROCHA FILHO, 2008) e trabalhar de forma a desenvolver esse conhecimento considerando não somente a linguística ou a matemática, mas o maior número possível de suas capacidades intelectuais, inteligências (GARDNER, 2010).

Dentro desta perspectiva, se coloca o seguinte problema de pesquisa: **como desenvolver ações pedagógicas que estimulem as múltiplas inteligências dos alunos no ensino de Óptica?**

Segundo Gardner (2010), a sua proposta de inteligência, quando levada para a prática pedagógica, exige uma reflexão que está relacionada não somente à mudança da prática educacional tradicional das escolas, mas de seus componentes curriculares. Para que isso seja possível, necessita-se desenvolver um extenso trabalho que rompa com as ideias tradicionalistas da escola.

Assumindo os pressupostos apresentados por Gardner na teoria das IM, de que o ser humano não aprende da mesma forma, tampouco no mesmo tempo, e que possuímos um espectro de múltiplas capacidades intelectuais pouco exploradas no ambiente escolar (GARDNER, 2001) este trabalho pretende desenvolver um estudo de caso, com o objetivo de avaliar, com base na teoria das inteligências múltiplas, possíveis atividades para o ensino de Óptica em Física, visando identificar suas potencialidades e limitações no aprendizado dos alunos de uma turma de Ensino Médio.

1.3 Objetivo geral

Com base na teoria das IM, identificar atividades e ações pedagógicas que estimulem as inteligências múltiplas, favorecendo a aprendizagem dos alunos no contexto do ensino de Óptica, em Física.

1.4 Objetivos específicos

- Identificar as ideias dos alunos em relação ao conteúdo de Óptica.

- Identificar correlações entre atividades e ações pedagógicas no ensino de Óptica e os pontos de partida propostos por Gardner, para uma abordagem no ensino sob a perspectiva da teoria das IM.

- Avaliar as potencialidades e limitações das ações pedagógicas quanto ao aprendizado dos alunos.

1.5 Justificativa

A teoria das IM proposta por Gardner quando levada à prática pedagógica do professor, permite que se leve em consideração a limitação de cada aluno, o individualismo de seu aprendizado e suas capacidades mentais mais desenvolvidas (GARDNER, 2001). Nesse contexto, se faz presente a ideia de que cada indivíduo tem o seu tempo de aprendizado e a sua maneira de acontecer. Segundo Thomas Armstrong (2010) a teoria das IM é multicultural e pluralista. A ideia de que não existe uma única forma de saber e aprender tem sido bem recebida pelo mundo porque as inteligências do espectro se relacionam com capacidades presentes em qualquer cultura.

A teoria das IM praticada na sala de aula pode se mostrar como uma possível solução para melhorar o rendimento escolar e a autoestima do aluno, uma vez que considera a inteligência pluralista, não enfatizando apenas a linguística e a lógico-matemática (GARDNER, 2010). Desta forma, o aluno seria avaliado como um todo em suas habilidades cognitivas, sem se preocupar em ser o melhor com os números e/ou com as resenhas.

Outro fato atualmente comum nas escolas é a evasão dos estudantes, muitas vezes associada à falta de interesse desses em relação às aulas ou à abordagem (estratégia, ação pedagógica) de seu professor (MENEGOTTO; ROCHA FILHO, 2008). Segundo Gardner (2001), desenvolver uma ação pedagógica para o ensino, com base na teoria das IM, requer que os professores sejam criativos, pluralistas e imaginativos na proposta de suas atividades e abordagem de conteúdos, propondo aos alunos trabalho com desafios, questionamento, discussão e construção do conhecimento de forma conjunta, lidando com opiniões controversas e trabalhando em equipe. Acredita-se que esses conflitos de ideias, o estético, a possibilidade de fazer uso de muitas habilidades para solucionar problemas e a criatividade do professor na sala de aula, venham ajudar na redução da evasão escolar e contribuir

para a redução de indivíduos que chegam ao Ensino Superior com dificuldades de argumentação ou expressão de suas ideias sobre determinado assunto.

No Brasil, um trabalho semelhante a esta proposta de ações pedagógicas e mapeamento das relações entre uma disciplina e o espectro de inteligências foi realizado, pela pesquisadora Smole (2000), na Educação infantil, no ensino de Matemática. Não foram encontradas evidências da existência de pesquisas, de mesmo caráter, realizadas no Ensino de Médio. Sendo assim, a abordagem deste problema de pesquisa no ensino de Óptica, apresentada nesta dissertação, é inédita.

1.6 Estrutura da dissertação

Este trabalho propõe um repensar das ações pedagógicas no Ensino de Física, tendo como base a teoria das Inteligências Múltiplas. Entende-se que não se pode mudar toda a abordagem do ensino em curto intervalo de tempo. Por isso, sugerem-se ações pedagógicas no ensino de Óptica, um ramo de estudo da Física, tão pouco trabalhado, devido ao seu caráter conceitual.

Para melhor entendimento nos caminhos desse estudo, apresenta-se a dissertação dividida em cinco capítulos, dos quais, na introdução é narrado um breve contexto da minha experiência como professora de Física no Ensino Médio, com as dificuldades do ensino de Física, especialmente do ensino de Óptica - onde se insere o problema investigado. O problema de pesquisa é apresentado tendo como base a teoria das IM, proposta por Howard Gardner. São apresentados o objetivo geral que compreende esta pesquisa, bem como os objetivos específicos. Na sequência, são narradas as razões que justificam a pesquisa.

O segundo capítulo, titulado Fundamentação teórica, traz o referencial teórico da pesquisa, abordando aspectos sobre a Teoria das IM, proposta por Howard Gardner, a abordagem da teoria das IM no ensino e os mitos e verdades do seu uso nas escolas.

O terceiro capítulo, titulado Metodologia, descreve os procedimentos metodológicos, apresentando o caráter da pesquisa, os sujeitos envolvidos, a escola, o delineamento das ideias dos alunos e ações pedagógicas, bem como a análise de dados que será realizada sobre a perspectiva do Método de Análise Textual Discursiva (ATD) de Moraes e Galliazzi (2011).

O quarto capítulo, Resultados e discussões, descreve as estratégias utilizadas para a elaboração e adaptação das ações pedagógicas, bem como, a investigação das ideias dos alunos. Na sequência, se fazem análises e discussões, com base no referencial teórico adotado, apresentando algumas atividades elaboradas pelos alunos.

Por fim, no último capítulo, onde são apresentadas as Considerações finais do estudo realizado, retorna-se à questão norteadora sobre o contexto do ensino de Óptica, enfatizando os objetivos do estudo, refletindo sobre o uso da Teoria das IM no Ensino de Óptica, bem como no ensino de Física, assim como o quanto essa teoria pode enriquecer o dia a dia dos professores na sala de aula e despertar curiosidades e habilidades adormecidas no aluno.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A origem da Teoria das Inteligências Múltiplas e o espectro de inteligências.

Howard Gardner, autor da teoria das Inteligências Múltiplas, conhecida como “teoria das IM”, tendo Sigmund Freud e seu professor psicanalista Erik Erikson como referências, afirma em suas obras que jamais imaginou um interesse futuro pelo desenvolvimento cognitivo. A paixão por essa linha de pesquisa surgiu ao ler as obras de Jerome Bruner e seu mestre Jean Piaget (GARDNER, 2001).

Segundo o autor, ao estudar a psicologia do desenvolvimento, ficou impressionado com a frequente ideia de que um indivíduo com capacidade cognitiva elevada era aquele que pensava como cientista. Nesse contexto, um aluno inteligente em Física, por exemplo, seria aquele que pensasse, em sala de aula, como um físico. Esse era o chamado “estado acabado’ do desenvolvimento cognitivo humano”, uma visão egocêntrica responsável pelo desenvolvimento dos denominados testes de inteligência que temos atualmente (GARDNER, 2001).

Indivíduos com capacidades cognitivas plenamente desenvolvidas pensariam como cientistas (...). Esta não é a primeira vez na história acadêmica que os acadêmicos olham nos espelhos de suas disciplinas e enxergam seu próprio reflexo. De fato, esse tipo de raciocínio egocêntrico é que levou à criação das perguntas dos testes de inteligências atuais. (GARDNER, 2001, p. 40.)

Os primeiros estudos de Gardner buscaram inspiração nos estudos do desenvolvimento cognitivo infantil proposto por Piaget que, ao invés de fazer uso de testes de QI para investigar o desenvolvimento do intelecto das crianças, utiliza os chamados “questionários clínicos” (CUNHA, 2008). - Na obra “*La representación del Mundo en El niño*”, publicada em 1954, Piaget detalha estudos nos quais faz uso desses questionários para investigar como as crianças pensavam a respeito de fenômenos naturais, astronômicos e fisiológicos. Seguindo uma linha semelhante de pesquisa, Gardner propôs-se a estudar o desenvolvimento cognitivo infantil para desenvolver um potencial artístico. Percebendo que a pesquisa não avançava,

acabou se envolvendo em estudos voltados para a investigação do funcionamento do cérebro e como suas operações ficam prejudicadas e necessitam ser novamente treinadas quando este órgão sofre uma lesão (GARDNER, 1994).

Na tentativa de descobrir o que acontecia com as capacidades artísticas de uma pessoa após sofrer uma lesão cerebral e investigando o potencial artístico das crianças, Gardner afirma ter observado que as pessoas possuem muitas capacidades cognitivas:

A oportunidade diária de trabalhar com crianças e com adultos com lesões cerebrais impressionou-me com um fato bruto da natureza humana: as pessoas têm um leque de capacidades. A capacidade numa área de atuação não indica nenhuma capacidade comparável em outras áreas. (GARDNER, 2001, p. 43)

Gardner (2001) observou que essas capacidades não eram distribuídas de forma equilibrada: uma pessoa poderia ter muita dificuldade em aprender um novo idioma, mas isso não significaria que ela não conseguiria desenvolver outras atividades cognitivas. Esse era um fato que fortificava a ideia do autor de que a mente humana é melhor compreendida se pensada como um conjunto de faculdades independentes.

Na tentativa de escrever sobre sua observação, se fez necessária a escolha do nome com a qual cada uma dessas faculdades seria chamada. Gardner poderia ter usado expressões clássicas da psicologia, tais como, faculdades humanas, habilidades e capacidades, mas preferiu ousar optando pelo termo "inteligências".

O livro *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*, publicado em 1983, desafia a comunidade científica e propõe a inteligência como "a habilidade para resolver problemas ou criar produtos valorizados em um ou mais cenários culturais" (GARDNER, 1994). Cerca de quinze anos depois, Gardner reformula esse conceito sugerindo que as inteligências são potenciais presumivelmente neurais que podem ou não ser ativados pelo contexto cultural do indivíduo.

Agora conceituo inteligência como um potencial biopsicológico para processar informações que pode ser ativado num cenário cultural para solucionar problemas ou criar produtos que sejam valorizados numa cultura. (...) as inteligências não são objetos que podem ser vistos nem contados. Elas são potenciais – neurais presumivelmente – que poderão ser ativados, ou não ativados, dependendo dos valores de uma cultura específica, das oportunidades disponíveis nessa cultura e das decisões pessoais tomadas por indivíduos e/ou suas famílias, seus professores e outros. (GARDNER, 2001, p. 47)

Gardner não foi o primeiro a afirmar de que o ser humano é dotado de múltiplas inteligências (GARDNER, 2001). Segundo Smole (2000), os estudos de L.L. Thurstone, anteriores aos estudos de Gardner, sugeriam nove aptidões intelectuais e L.P. Guilford que procurou elaborar um modelo que representasse a estrutura do intelecto na resolução de problemas, já caminhavam para a possibilidade da existência de faculdades humanas independentes. Mas Gardner foi o primeiro a inovar na investigação dessas faculdades fazendo uso da experimentação e não só dos testes psicométricos.

Não fui de modo nenhum o primeiro psicólogo a postular faculdades humanas relativamente independentes, embora possa estar os primeiros que violaram as regras do inglês (e de outras línguas europeias) pluralizando o termo *inteligência*. (...) Porém, fui mesmo o pioneiro em formas de explorar as fontes de provas que sustentavam minha lista de inteligências humanas. Outras medições de inteligência saíram, sobretudo, da tradição psicométrica. (GARDNER, 2001, p. 48)

Além de repensar o conceito de inteligência, Gardner propôs a teoria das IM na qual descreve o ser humano como portador de um espectro formado por essas inteligências. Inicialmente esse espectro era composto por seis inteligências: linguística, lógico-matemática, musical, espacial, corporal cinestésica e pessoal (GARDNER, 1994). Atualmente, o autor sustenta sua ideia original de um espectro, mas descreve que somos dotados de um conjunto de sete, oito ou possíveis, doze inteligências:

Propus as inteligências como uma nova definição da natureza humana, cognitivamente falando. Enquanto Sócrates via o homem como o animal racional, e Freud enfatizou a irracionalidade dos seres humanos, eu (com devida insegurança) descrevi os seres humanos como os organismos dotados de um conjunto básico de sete, oito ou 12 inteligências. Graças à evolução, cada um de nós é equipado com sete potenciais intelectuais, que podemos mobilizar e conectar segundo nossas próprias inclinações e as preferências de nossa cultura. (GARDNER, 2001, p. 59)

A palavra “espectro”, escolhida por Gardner para descrever o seu conjunto de inteligências, remete à reflexão de olhar para as inteligências não como uma hierarquia, mas como um conjunto de valores que se desenvolvem em um processo contínuo (GARDNER, 2001). Dessa forma, nenhuma inteligência é mais importante ou menos importante que a outra. Todas têm o mesmo valor dentro do meio cultural do indivíduo.

As primeiras inteligências citadas - linguística e lógico-matemática - são as mais valorizadas no ambiente escolar e na sociedade. Segundo Gardner (2001, p. 56), a *inteligência linguística* “envolve a sensibilidade para a língua falada e escrita, a habilidade de aprender novas línguas e a capacidade de usar a língua para atingir certos objetivos”. Poetas, escritores, locutores, são exemplos de indivíduos com a inteligência linguística elevada.

A *inteligência lógico-matemática* está relacionada com “a capacidade de analisar problemas com lógica, de realizar operações matemáticas e investigar questões cientificamente” (GARDNER, 2001, p. 56). Matemáticos e cientistas possuem essa inteligência desenvolvida em grau elevado.

As três inteligências seguintes estão relacionadas à arte. A *inteligência musical* está relacionada com a “habilidade de atuação, na composição e na apreciação de padrões musicais”. Sua estrutura é praticamente “paralela à inteligência linguística, por isso não faria sentido chamar uma de inteligência (linguística) e outra de talento (musical)”. A *inteligência espacial* “tem o potencial de reconhecer e manipular os padrões do espaço”, como fazem os pilotos e navegadores, “bem como os padrões de áreas mais confinadas”, como no caso de cirurgiões, arquitetos e jogadores de xadrez. A *inteligência físico cinestésica* envolve “o potencial de se usar o corpo para resolver problemas ou fabricar produtos”. (GARDNER, 2001, p. 57) Embora os dançarinos, atletas mecânicos, cientistas e cirurgiões representem exemplos de indivíduos com essa inteligência elevada, cabe destacar que ela pode ser facilmente explorada em um laboratório de Ciências e/ou Matemática, na escola.

A *inteligência interpessoal* “denota a capacidade de entender as intenções, as motivações e os desejos do próximo” (GARDNER, 2001, p. 57). Essa inteligência pode ser facilmente explorada nas atividades em grupo. A *inteligência intrapessoal* é a inteligência voltada aos sentimentos interiores do indivíduo. Ela envolve a capacidade do indivíduo de se conhecer, de ter um modelo individual de trabalho eficiente e de usar estas informações com eficiência para regular a própria vida (GARDNER, 2001, p. 58).

Além dessas inteligências, Gardner discute e julga a possibilidade de complementar o espectro com as inteligências naturalista, espiritual e existencial. Segundo o autor, é necessário explorar profundamente os critérios de identificação

de uma inteligência para depois se posicionar em relação às direções menos seguras (GARDNER, 2001).

2.2 A educação e a teoria das Inteligências Múltiplas.

A teoria das IM não foi criada para a educação. É uma teoria centrada em estudos do funcionamento da mente, mas que chamou a atenção dos educadores para uma perspectiva na educação que considera as diferenças individuais dos alunos e, na medida do possível, pode ser usada para elaborar práticas que considerem essas diferenças no meio escolar (GARDNER, 2001 p. 173). “Nas mãos de educadores, a teoria das IM parece o teste de Rorschach. Olhando uma mesma mancha de tinta, duas pessoas podem ver coisas diferentes” (GARDNER, 2001, p. 173).

Para Smole (2000, p. 51), está claro que “em diferentes momentos os professores e pesquisadores da educação perceberam as falhas e insuficiências de um ensino seletivo, meritocrático”. A educação está centrada na visão de uma inteligência que combina habilidades específicas da linguística e lógico-matemática (GARDNER, 2010). Tal contexto é de certa forma, uma contribuição dos franceses e da má interpretação equivocada de sucessores de Binet.

Segundo Gardner (2001), Binet e Simon criaram a Escala de Binet-Simon para identificar a necessidade de maior intervenção do professor no processo de aprendizado das crianças francesas que poderiam apresentar dificuldades na vida escolar. A escala, mais tarde chamada de testes de quociente de inteligência QI, por W. Stern (SMOLE, 2000) priorizava a Linguística e a Matemática, áreas consideradas fundamentais no contexto educacional francês, em 1905. Com o passar dos anos, os testes aplicados com a Escala de Binet-Simon se tornaram uma grandeza quantificada e as pessoas classificadas conforme seu QI (GARDNER, 2001).

Os testes de QI ainda persistem nas escolas como provas e listas de exercícios, nos quais o aluno recebe um conjunto de perguntas – geralmente, uma reprodução do que foi trabalhado em sala de aula! – e deve respondê-las com o objetivo de alcançar um valor numérico relativamente alto, que definirá o seu nível de aprendizado. Nesse procedimento, pouco se leva em consideração se o aluno possui outras capacidades, além de reproduzir o que já foi visto em aula. Esse

contexto representa o oposto daquele ideal descrito por Gardner (1994, p. 9) em que “o propósito da escola deveria ser o de desenvolver as inteligências e ajudar as pessoas a atingirem objetivos de ocupação e diversão adequados ao seu espectro particular de inteligências”.

Armstrong (2010) acredita que a teoria das IM foi bem recebida nas escolas do mundo porque as inteligências propostas por Gardner carregam em si, capacidades comuns a todas as culturas, assim como a facilidade de adaptá-las a cada cultura. Porém, cabe lembrar que se trata de uma teoria desenvolvida no contexto norte-americano, que possui valores próprios.

A teoria das IM tem sido bem recebida por culturas ao redor do mundo exatamente porque as oito inteligências incorporam capacidades encontradas em praticamente todas as culturas. (...) Ao mesmo tempo, a teoria das IM em si já é um produto culturalmente valorizado que é específico de um determinado contexto social e histórico: os Estados Unidos no final do século XX e início do século XXI. Dessa forma, ela traz consigo certos tipos de valores culturais implícitos na cultura norte-americana. Talvez o mais importante entre eles seja a ideia de pluralismo – a noção de que existem muitas verdades (...) e muitas maneiras de saber e pensar. (ARMSTRONG, 2010, p. 33)

Smole (2000) e Gardner (2001) apontam que é o contexto pluralista e a promoção de uma educação individualista que permite a apreciação da teoria das IM por parte dos educadores, e garante sua difusão ao redor do mundo.

Ao longo da nossa história, a educação “uniforme”, que não admite as diferenças individuais, foi preponderante, fazendo com que o tratamento igualitário do indivíduo se tornasse hegemônico na educação. Dessa forma, todos estudam as mesmas disciplinas, do mesmo modo e são avaliados igualmente. Esse procedimento, segundo Gardner (2001), remete à ideia de que ninguém deve ter vantagem especial e de que somos todos iguais, portanto a educação deve nos atingir da mesma forma. Porém, na realidade, somos visivelmente diferentes e os educadores podem fazer a escolha de considerar ou ignorar essas diferenças (GARDNER, 2001, p. 184).

A educação configurada individualmente pode ajustar-se a objetivos que se relacionam com a educação uniforme, por exemplo, os currículos tradicionais que utilizam uma abordagem linear, a educação que sensibiliza para as artes ou “uma educação orientada para a prática, das vocações ou da mentalidade cívica.” Porém, Gardner não aponta esta – a educação configurada individualmente - como sendo a solução para as dificuldades na educação, mas sim, como uma possibilidade de, ao

menos, considerarmos as diferenças de cada aluno para auxiliar o seu desempenho escolar (GARDNER, 2001, p. 185).

Gardner (2001, p. 186) afirma: “Um compromisso com o conhecimento comum não significa que todo mundo tem que estudar as matérias da mesma maneira e ser avaliado da mesma maneira”. Em relação a esta questão, a teoria das IM apresenta a sua maior contribuição: estimula a imaginação dos alunos quanto à dedicação às atividades e os professores quanto à escolha do currículo, o que deve ser ensinado e como.

Uma contribuição adicional de Gardner se refere ao seu posicionamento quanto à conduta do professor frente aos seus alunos: “Sejam quais forem suas filosofias, os bons professores sempre procuram conhecer bem os seus alunos. Conhecer a cabeça dos alunos é apenas o primeiro passo para alcançar uma educação que visa compreensão” (GARDNER, 2001, p. 185-186).

2.3 Caminhos para a compreensão: a abordagem na teoria das IM.

No núcleo escolar, parece existir uma “conspiração para evitar avaliação da compreensão” (GARDNER, 2001, p. 196) dos alunos. As avaliações nas escolas costumam ser unicamente por meio de provas.

Tragtenberg (1985, p. 70) se posiciona em relação às provas como sendo uma forma do professor manifestar seu poder sobre a avaliação do aluno e que elas apenas mostram que o aluno sabe como resolvê-la.

Gardner acredita que o principal obstáculo para avaliar a compreensão é o tempo que deveria ser dedicado aos processos avaliativos e o fato de se acreditar que possivelmente não encontraríamos resultados da ocorrência da compreensão.

Segundo Gardner (2001, p. 196-197), estudos realizados¹ por psicólogos cognitivos e educadores revelam que a maioria dos alunos não consegue demonstrar compreensão de ideias importantes quanto a alguns conteúdos. Os resultados mais dramáticos são encontrados na Física: alunos com notas altas no

¹ Para maiores informações quanto às dificuldades dos alunos para compreender conceitos importantes, Gardner referencia os estudos de WINGGINS, G. e McTIGHE, J. publicados na obra “*Understanding by Design*” (Alexandria, Va.: ASCD, 1998) e GARDNER, H. publicados nas obras “*The disciplined mind: What all students should understand*” (New York: Simon & Schuster, 1999) e “*The unschooled mind: How children think, and how schools should teach*” (New York: Basic Books, 1991).

Ensino Médio e na universidade não são capazes de aplicar o conhecimento que dominam, chegando a dar respostas com aspectos semelhantes às crianças, para situações que exigem conhecimentos físicos. Por exemplo, quando solicitado que os alunos explicassem as forças que atuam em uma moeda quando jogada, a trajetória de uma bala dentro de um tubo e a diferença de temperatura no inverno e no verão, as respostas foram muito semelhantes em relação às respostas de uma criança que nunca estudou Física. Segundo Gardner (2001), não só em Física, mas em outras Ciências a falta de entendimento é elevada e uma possível solução para isso seria estimular “vivências à compreensão” (GARDNER, 2001, p. 198).

Nos últimos anos, Gardner e sua equipe desenvolveram quatro abordagens que, para ele, são promissoras na educação para a compreensão: abordagem baseada na observação, abordagem baseada no confronto, abordagem para compreensão e abordagem focada na teoria das IM (GARDNER, 2001, p. 199-203).

A abordagem baseada na observação visa observar e aplicar as práticas de instituições que conseguiram demonstrar compreensão. Nesta abordagem, o aluno é colocado em constante confronto com situações intrigantes para solucionar, sem a pressão das provas. Instituições tradicionais como os museus de Ciências, representam um bom exemplo de local no qual se dá a abordagem por observação (GARDNER, 2001, p. 199).

A abordagem baseada no confronto assemelha-se muito com os estudos propostos por Giordan e De Vecchi (1996) quanto ao confronto de ideias dos alunos. Nela, principalmente se trabalham as concepções prévias e seus erros, visando identificar os obstáculos epistemológicos, a fim de permitir uma evolução para um conceito mais próximo do conhecimento científico. Para Gardner (2001, p. 200), trabalhar apenas com os erros de uma concepção não é suficiente para o aprendizado. Mortimer (1996) compartilha dessa mesma ideia, quando descreve que grande parte das estratégias pedagógicas utiliza as ideias prévias dos alunos com a finalidade de evoluí-las para um conceito científico. Destaca que mesmo ocorrendo essa transformação na concepção prévia do sujeito, de forma a torná-lo “um sujeito epistêmico”, no dia a dia ele continuará utilizando suas concepções prévias de maneira informal. Como exemplo desta situação, cita o fato de que uma pessoa com maior formação pode rir de uma criança que associa o frio como o contrário do calor. No entanto, em seu cotidiano, essa pessoa faz uso da mesma concepção. Desta forma, o autor se posiciona ao afirmar que “tentar evoluir uma concepção a fim de

extingui-la é irreal e inútil, pois elas representam a linguagem cotidiana, uma forma de compartilhar significados e se comunicar dentro de vários grupos” (MORTIMER, 1996, p. 26).

Gardner, em conjunto com os pesquisadores educacionais David Perkins, Vito Perrone, Stone Wiske e outros, elaboraram uma abordagem para a compreensão que assume uma postura de abordagem sistemática baseada na vivência do aluno. Para tanto, os professores devem esclarecer metas de compreensão para os alunos, os tópicos abordados devem ser de grande importância na disciplina, devem despertar o interesse desses alunos e validar seu aprendizado durante as práticas – e não somente no final do curso (GARDNER, 2001, p. 201).

A abordagem focada na teoria das IM, segundo Gardner (2001, p. 202) é aquela na qual ele estabelece sua ideia central sobre a educação: os indivíduos devem dominar um corpo central de matérias e abordagens curriculares, mas isso não significa que eles devem estar presos à regra de que devem abordar a linguística e a lógica, apenas.

Realçar as múltiplas inteligências dos alunos não é um objetivo para a educação. Mas sim, pretende “ajudar o aluno a alcançar alguns papéis adultos valorizados ou estados acabados” dentro de uma área específica, e “auxiliar o aluno a dominar algumas matérias ou até mesmo disciplinas do currículo escolar” (GARDNER, 2001, p. 202).

A abordagem focada na teoria das IM estabelece que, devido às origens biológicas e culturais do ser humano, os alunos não são “tábulas rasas”, nem tampouco, podem ser alinhados ao longo de um único intelecto (GARDNER, 2001).

Trata-se de uma abordagem que inclui muitas outras, pois, segundo Gardner (2001, p. 203), “quando os professores são capazes de usar diferentes abordagens pedagógicas, eles conseguem atingir mais alunos, com maior eficácia.” Por isso, propõe sete pontos de partida para se trabalhar com essa abordagem em sala de aula:

1. Narrativo. Este ponto de partida se dirige aos alunos que gostam de ouvir histórias e que aprendem por meio delas.
2. Quantitativo/Numérico. Este ponto de partida se dirige aos alunos que têm habilidade com cálculos matemáticos e que se interessam por padrões numéricos, razões e proporções de um determinado fenômeno.

3. Lógico. Este ponto de partida está destinado a aguçar o exercício de dedução humana. Na Física, exercícios relacionados ao estudo da força de interação entre cargas poderiam ser melhor entendidos se fossem trabalhos puramente sobre a lógica do enunciado da Lei de Coulomb.
4. Fundamental/Existencial. Este ponto de partida está destinado ao tratamento das questões filosóficas e fundamentais. Nesse aspecto, poderiam ser trabalhados os mitos da Ciência, como por exemplo, a maçã que caiu na cabeça de Newton e fez com que ele formulasse a lei da gravitação universal.
5. Estético: Este ponto de partida é destinado àqueles que admiram as artes. O Professor pode fazer uso de recursos artísticos ou “dispostos em equilíbrio, como a árvore da evolução proposta por Darwin, na teoria da evolução” (GARDNER, 2001 p. 207).
6. “Mão na massa²”. Esse ponto de partida destina-se aos alunos que têm facilidade em trabalhar nas atividades que requerem total envolvimento motor. Por exemplo, uma experiência no laboratório para solucionar um problema, uma saída de campo, entre outros.
7. Social. Este é o ponto de partida que se destina exclusivamente ao indivíduo, pois trata de suas interações externas (com o grande grupo) e externas (individuais). Muitos alunos “aprendem melhor quando estão trabalhando em grupo”. Essas atividades também promovem uma interação de tal forma que se trabalha o respeito entre os colegas e as diferentes opiniões. Um exemplo dessa abordagem é “assumir papéis de líderes” (GARDNER, 2001, p. 208).

O uso de analogias pode representar uma ótima ferramenta quando se deseja abordar determinados conteúdos. Porém, elas devem ser usadas com cautela, pois

² O termo “Mão na Massa” proposto por Gardner na obra *Intelligence Reframed: MI for the 21st Century* (1999), se refere à tradução do termo “Experiential/Hands on” utilizado para representar, na abordagem da Teoria das IM, a importância de explorar a habilidade do aluno de manipular materiais para experiências, trabalhando com materiais concretos. Porém, o mesmo termo é reconhecido, mundialmente, na Educação/Ensino, através do projeto *La main à La pâte* (Mão na massa). *La main à La pâte* foi fundado em 1996 por Georges Charpak, Pierre Lena, Yves Quéré, membros da Academia de Ciências do Instituto da França, com o apoio da Academia e do Ministério da Educação da França. A abordagem de ensino proposta pelo projeto é baseada na “Mensagem” e tem como finalidade articular aprendizagens científicas, domínio da linguagem e uma educação para a cidadania.

podem induzir ao erro. Cabe ao professor decidir quando é relevante fazer o uso das analogias (GARDNER, 2001, p. 209).

Os pontos de partida podem ser muito eficientes para indicar como iniciar a prática em sala de aula, mas não representam uma fórmula para a compreensão. Entretanto, muitos professores preferem fazer uso de abordagens em que se dão instruções didáticas e avaliam a compreensão em termo de domínios lingüísticos ou fornecem muitas informações esperando que o aluno seja capaz de fazer sua própria síntese – quando não fazem uso das duas abordagens! (GARDNER, 2001, p. 210).

Gardner acredita que, para caminhar para a compreensão e usar a teoria das IM, primeiramente os professores devem compreender que não existe uma receita. Depois, reconhecer que os assuntos abordados numa determinada disciplina não existem isoladamente. E, ainda reconhecer que um conceito só é bem compreendido quando suas características fundamentais são representadas de diversas maneiras e quando são colocados desafios aos alunos. Por fim, e talvez o aspecto mais relevante da abordagem focada na teoria das IM: o professor deve se perguntar o que realmente é importante ensinar para os seus alunos (GARDNER, 2001, p. 211-214).

2.4 O “Meme” e os mitos da sua prática escolar.

Gardner utiliza a expressão de Richard Dawkins: “as IM são um Meme”, para explicar a presença da teoria das IM na educação. Segundo Gardner (2010, p. 21), Dawkins caracteriza “meme” como “uma unidade de sentido, criada em um determinado lugar e tempo, que se propagou muito no último quarto de século”.

A teoria das IM primeiramente foi difundida no contexto escolar norte-americano. Aos poucos, atravessou oceanos e se tornou algo discutido e criticado não somente no contexto escolar, mas também em museus, locais de trabalho e parques temáticos. Provavelmente, essa difusão tenha acontecido devido às traduções dos livros de Gardner e de outros autores que abordam o tema de forma mais prática, tais como, Thomas Armstrong, David Lazear, Linda e Bruce Campell, entre outros (GARDNER, 2010).

O Meme teoria das IM se espalhou de forma tão vasta que, hoje, além dos Estados Unidos, existem projetos na Ásia, regiões do Pacífico, Europa e América do

Sul (GARDNER, 2010). Porém, essa difusão, impossível de ser controlada, pode gerar “mal entendidos” quando à teoria. Algumas escolas começaram a utilizar a teoria das IM para classificar os alunos como dotados de uma inteligência e desprovidos das demais. Segundo Gardner (2010), essas escolas, atualmente, estão fechadas. Também é comum a ideia de que a inteligência corporal cinestésica ou físico cinestésica está associada a atividades como engatinhar pela sala de aula ou fazer alongamentos (GARDNER, 2001). Por isso, o autor esclarece alguns mitos relevantes para a compreensão do Meme.

Mito 1: Uma vez que existem oito ou mais inteligências, os pesquisadores podem criar testes para garantir suas notas (GARDNER, 2001).

A teoria das IM criada em um contexto histórico de insatisfação com a psicometria, propondo a inteligência como o resultado de um acúmulo de conhecimentos dentro de uma determinada cultura, se submetida a uma bateria de testes, de certa forma, é, segundo Gardner, medíocre. A ideia de desmistificar uma inteligência quantizada requer testes que corroborem com esta ideia. Segundo Gardner (2001, p. 103), “o modo de avaliação das inteligências deve ser ‘inteligentemente justo’”. As múltiplas inteligências deveriam ser analisadas diretamente no contexto no qual elas se manifestam e não através de testes que priorizam a linguística ou a lógica. Na visão do autor, as inteligências múltiplas só devem ser testadas se for identificado que uma criança tem certa deficiência que impede o seu aprendizado.

Mito 2: Uma inteligência é um domínio ou disciplina (GARDNER, 2001).

A inteligência está vinculada às nossas habilidades e potenciais biopsicológicos. Domínio ou disciplina é um conjunto de atividades que caracterizam uma simbologia específica de um sistema específico e suas ações; ou seja, uma atividade que caracteriza por sua especialização. Nesse sentido, a Física ou a Matemática constituem domínios de uma determinada cultura e não inteligências.

Domínio é um conjunto organizado de atividades dentro de uma cultura caracterizado por um sistema de símbolos específico e as operações dele resultantes. Qualquer atividade cultural que conte com uma participação mais do que casual dos indivíduos, e na qual se possa identificar e cultivar graus de especialização, deve ser considerada um domínio. (...) Assim, física, culinária, xadrez, direito constitucional e música rap são domínios na cultura ocidental contemporânea. (GARDNER, 2001 p. 105)

Mito 3: Uma inteligência é um estilo de aprendizado, cognitivo ou de trabalho (GARDNER, 2001).

O estilo caracteriza uma abordagem do indivíduo que pode ser aplicada a inúmeros conteúdos. A inteligência é uma capacidade para um conteúdo específico. Uma pessoa pode ter um estilo reflexivo ou intuitivo. Desta forma, imagina-se que ela tenha esse estilo em todas as áreas. Entretanto, esta pessoa pode ser reflexiva ou intuitiva em alguma área específica, mas não em outra que exija um raciocínio lógico, por exemplo. Uma pessoa que tem facilidade em falar em público, não necessariamente escreverá bem ou aprenderá novas línguas (GARDNER, 2001).

Mito 4: A teoria das IM não é empírica (GARDNER, 2001).

A teoria das IM foi construída com bases em estudos empíricos que mapearam o cérebro e as capacidades artísticas de crianças e pacientes com danos cerebrais. Ou seja, ela é baseada em estudos experimentais.

Mito 5: “A teoria das IM é incompatível com o fato *g* (o termo usado em psicometria para designar a existência de uma inteligência geral), com descrições hereditárias e/ou ambientais da natureza e das causas da inteligência” (GARDNER, 2001, p. 110).

Segundo Gardner (2001, p. 110), a teoria das IM não questiona o fator *g*, apenas não concorda com o seu campo de conhecimento e sua força. O fator *g*, derivado de um fatorial, generaliza a inteligência nos campos verbais e matemáticos. Gardner aponta que seu interesse está nas demais inteligências e nos processos intelectuais que as compreendem, os quais o fator *g* desconsidera (GARDNER, 2001).

Quanto à hereditariedade, Gardner não descarta a possibilidade de algumas habilidades do ser humano estar relacionadas com fatores genéticos. Porém, somente após a conclusão do mapeamento do genoma humano e estudos voltados para essa relação de hereditariedade é que talvez se possa afirmar tal relação. A teoria das IM relaciona o desenvolvimento das inteligências no indivíduo especificamente com as suas interações com o ambiente, bem como os recursos que lhe estão disponíveis:

Não duvido que as habilidades e as diferenças humanas tenham base genética. Agora que o projeto do genoma humano está quase terminado, poderá algum cientista contemporâneo questionar a existência de genes e de complexos genéticos para importantes dotes e deficiências intelectuais? Se fossem elaborados testes para as várias inteligências humanas, tenho quase certeza de que cada inteligência teria uma hereditariedade significativa. (...) Por outro lado, no nascimento, fatores ambientais entram em jogo - há indícios crescentes de que entram em jogo *antes* do nascimento. Mesmo pessoas aparentemente bem-dotadas numa inteligência ou num domínio determinados pouco realizarão se não forem expostas a matérias que exijam a inteligência. (GARDNER, 2001, p. 111)

Mito 6: A ampliação do termo “inteligência” na busca de incluir um vasto espectro de **construtos** psicológicos, torna o termo impossível de ser utilizado nas suas conotações típicas (GARDNER, 2001, p. 112).

A teoria das IM não inviabiliza o termo inteligência. Ela propõe uma ampliação de sua visão, de forma que compreenda todas as habilidades humanas (GARDNER, 2001). A inteligência é definida de muitas formas, mas a visão predominante é visão psicométrica (SMOLE, 2000, p. 17).

Mito 7: Existe apenas uma abordagem pedagógica aceita com base na teoria das IM.

A teoria das IM não representa uma teoria ou uma “receita pedagógica”. Os educadores podem determinar se a teoria das IM deve orientar ou não suas práticas em sala de aula. No entanto, Gardner faz uma lista de ações que colocam em risco práticas pedagógicas que se dizem centradas na teoria das IM: ensinar os conceitos para os alunos visando usar todas as inteligências, ao mesmo tempo - isso seria uma perda de tempo e energia - executar movimentos corporais para ativar uma inteligência; usar uma inteligência como um recurso mnemônico, como cantar ou dançar uma lista com a finalidade de lembrá-la - rotular pessoas com base em suas inteligências, pois as inteligências devem ser usadas para auxiliar os indivíduos no aprendizado de conteúdos importantes (GARDNER, 2001, p. 213-214 e 123).

Não existe um manual para uma prática pedagógica na teoria das IM. Entretanto, ela traz elementos que devem ser levados em consideração quando se tem em mente a relação com o indivíduo: “não somos todos iguais; não temos a mesma mente e a educação é mais eficaz se levar a sério essas diferenças” (GARDNER, 2001, p. 115)

2.5 A teoria das IM conquista o mundo.

Muitos projetos vêm se desenvolvendo, com sucesso, ao redor do mundo, para aplicar a teoria das IM em ambientes educacionais. (GARDNER, 2010).

Para que tenha sucesso, a teoria das IM, no contexto mundial, deve sobreviver não só à cultura de uma sociedade, mas ao seu contexto político. Talvez esse segundo elemento seja o maior desafio.

Chen (2010a, p. 44) aponta que quatro fatores contribuíram para o sucesso das IM nas escolas chinesas: “a política de portas abertas”, a necessidade de uma mudança educacional; e “a centralização do sistema educacional chinês, onde o Ministério da Educação da China tem o poder de tomar decisões sobre as políticas e práticas educacionais”.

Segundo Chen (2010a), os chineses têm uma concepção diferente de inteligência. Para eles, a inteligência não está centrada no indivíduo, mas na família, fundamental no desenvolvimento das crianças. Desta forma, a teoria das IM foi implementada de forma coerente com essa percepção, examinando-se o perfil intelectual da criança dentro do seu contexto familiar.

Na Coreia do Sul, Kim e Cha (2010, p. 111) destacam que três fatores contribuíram para a difusão da teoria das IM: uma abordagem de baixo para cima (*bottom-up*) de reforma baseada nas inteligências múltiplas; o envolvimento de pesquisadores; e o apoio de formuladores de políticas públicas. A educação na Coreia do Sul era centrada em princípios voltados ao desenvolvimento do caráter do indivíduo, e com o passar dos anos, foi sendo reduzida à memorização. Para Kim e Cha (2010), a teoria das IM resgatou os princípios da antiga educação do país.

Canon-Abaquin (2010, p. 126) relata que, nas Filipinas a educação com base na teoria das IM tem como concepção uma educação alternativa, que respeita o individualismo dos alunos e promove a aprendizagem e o ensino para a compreensão; a inteligência não é privilégio de alguns, mas de todos. Nas Filipinas, “a receita do sucesso” está na construção de três pilares que sustentam a educação na escola que faz uso da teoria das IM: a construção da capacidade de cumprir um papel positivo na sociedade, a construção do caráter e a preocupação com a comunidade (CANON-ABAQUIN, 2010, p. 131-133).

Segundo Moran (2010, p. 381 e 388), as inteligências dos indivíduos devem ser desenvolvidas para beneficiar o indivíduo e sociedade. Esse compromisso de

beneficiar não só a si mesmo, mas aos outros, usando sua inteligência para “um bem maior” se mostra o maior e mais complexo desafio para os educadores. Na sua visão, a abordagem baseada na teoria das IM oferece um futuro repleto de oportunidades para todos. Entretanto, para uma implementação bem sucedida da teoria das IM é necessária cooperação de forças, tais como, conquista dos professores, envolvimento da família, parcerias empresariais e comunitárias, apoio governamental local e trocas entre universidade e escola (CHEN, 2010b, p. 405). O projeto desenvolvido na Argentina, L@titud (Latin American Initiative toward Understanding and Development) é citado por Chen (2010b) como exemplo no qual essas forças atuam em sintonia.

O Projeto L@titud implementou a teoria das IM em escolas públicas e privadas (Ensino Médio e fundamental), mas isso só foi possível porque foram criadas redes que integraram professores e universidades (CHEN, 2010b, p. 406). A teoria das IM proporcionou grande impacto no pensamento dos professores e suas práticas pedagógicas. “Ela possibilitou que os educadores se concentrassem nas capacidades de aprendizagem de todos os indivíduos e construíssemos caminhos para uma educação de qualidade” (PROGRÉ; ROGÉ, 2010, p. 282).

No Brasil, existe registro de atividades pedagógicas centradas no uso da teoria das IM, realizadas por Smole (2000), com crianças entre quatro e sete anos de idade. Smole (2000 p. 60) propôs “alternativas para abordar o ensino de Matemática a partir do desenvolvimento das inteligências múltiplas e das relações entre a componente lógico-matemática com as demais do espectro”.

Segundo Smole (2000, p. 17), a inteligência quantizada é uma visão hegemônica. Com o seu trabalho, espera ter contribuído para a mudança dessa concepção rumo ao paradigma das inteligências múltiplas.

A teoria das IM foi concebida como uma forma de enxergar o indivíduo e suas potencialidades como um todo, descentralizando-o de um currículo ou planejamento escolar (HOERR, 2010, p. 318).

Chen (2010b, p. 410) apresenta exemplos de aplicações da teoria das IM. No ensino fundamental, faz-se uso de projetos para propiciar a iniciação de conceitos para o aprendizado dos estudantes. Os projetos estimulam os alunos a expressar sua compreensão referente ao conteúdo através de métodos distintos e representativos, tais como, escrita e dramatizações. No Ensino Médio, a teoria das IM se mostra como um verdadeiro desafio para os educadores, uma vez que o

currículo é fracionado e mais consolidado. Por isso, são poucas as alterações dos seus conteúdos. No entanto, a abordagem é centrada em conceitos-chave, valorização das ideias e desenvolvimento de habilidades fundamentais para as disciplinas.

Chen (2010b) acredita que enquanto os professores estruturam a aplicação da teoria das IM para ajudar seus alunos a alcançar os objetivos da educação do seu país, ao mesmo tempo contribuem para o envolvimento dos pais nessa educação. Em sua concepção, uma prática pedagógica centrada na teoria das IM não requer autorização governamental. Porém, uma proposta que chame a atenção do governo é válida, pois aumentaria a credibilidade do programa. Com ou sem apoio governamental, a teoria das IM “continua a se desenvolver e a atender a necessidades educacionais, potencializando-se em distintos contextos culturais” (CHEN, 2010b, p. 412).

3 METODOLOGIA

3.1 Características da pesquisa

A proposta da dissertação tem caráter qualitativo, tendo como paradigma o pós positivismo que encaminha a pesquisa científica adotando uma ontologia crítico-realista, onde o processo de investigação é mediado pelos valores do pesquisador com metodologia dialógica e transformadora (GUBA,1990). Trata-se de um estudo de caso no qual se adota uma abordagem qualitativa naturalista-construtiva, com origem na fenomenologia.

Segundo Godoy (1995, p. 62), “os estudos denominados qualitativos têm como preocupação fundamental o estudo e a análise do mundo empírico em seu ambiente natural”. Para tal, se exige que o pesquisador tenha um contato direto com o meio e a situação a ser investigada. A coleta dos dados costuma ser realizada por meio de vídeos, gravadores de áudio ou anotações em blocos de papel. Para isso, o pesquisador deve se disciplinar como instrumento de observação, seleção, análise e interpretação desses dados (GODOY, 1995).

As pesquisas qualitativas são descritivas – “buscam o entendimento do fenômeno como um todo na sua complexidade” (GODOY, 1995, p. 62). –, o significado que os sujeitos atribuem às coisas é preocupação do pesquisador e a análise dos dados é realizada com foco na indução.

O estudo de caso é definido por Yin (2001, p. 32) como um estudo empírico que investiga um fenômeno atual no seu contexto real, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas.

Nesta pesquisa, o estudo de caso identificou e avaliou ações pedagógicas, com base na teoria das Inteligências Múltiplas, para o Ensino de Óptica, em Física, em três turmas específicas de Ensino Médio Politécnico de uma escola pública estadual de um centro urbano de Porto Alegre. A pesquisa compreende-se como tendo uma abordagem naturalista-construtiva, pois, envolve aprofundamento no fenômeno investigado para que se obtenha sua descrição e interpretação. A pesquisa valorizou o discurso, os conhecimentos dos sujeitos envolvidos e do pesquisador.

3.2 Sujeitos de pesquisa

A pesquisa foi realizada com 120 estudantes dentro da faixa etária compreendida entre 15 e 17 anos, pertencentes a três turmas do componente curricular Física, da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, do segundo ano do Ensino Médio Politécnico de uma escola pública estadual, do Rio Grande do Sul, localizada em um centro urbano. Suas famílias podem ser enquadradas dentro das classes médias baixas e baixas. Muitos deles relatam que devido às suas condições econômicas, são obrigados a trabalhar no turno inverso da escola. No dia a dia, convivem com situações relacionadas à exposição às drogas, violência e desemprego nas famílias, o que ocasiona altos índices de evasão e repetência.

Por se tratar de uma escola que defende a inclusão, alguns alunos apresentam laudos médicos referentes às condições psíquicas mentais e de dificuldade de aprendizado, tais como, transtorno bipolar, depressão, dislexia, hiperatividade e déficit de atenção. Para esta pesquisa os resultados desses indivíduos foram considerados, pois acredita-se que, todos possuem um espectro de inteligências e capacidade para desenvolvê-lo.

Segundo Gardner (2001, p. 201):

Alguns métodos podem de fato dar certo com todos os alunos, ou pelo menos com grande maioria. Mas, as cabeças humanas não funcionam da mesma maneira, e os seres humanos não têm todos os mesmos pontos fracos e os mesmos pontos fortes. A consciência disso deve influir em nossa maneira de ensinar e de avaliar o que os alunos aprendem. Todos temos o mesmo conjunto de inteligências, mas não temos qualidades iguais nem perfis semelhantes.

Assumindo o pressuposto de que a abordagem de ensino, com foco na teoria das IM, tem por finalidade alcançar papéis adultos valorizados na sociedade e ajudar o aluno a dominar algumas disciplinas do currículo (GARDNER, 2001), esta pesquisa não teve o objetivo de classificar os sujeitos como capazes ou incapazes de executar funções em determinadas áreas do conhecimento. Tampouco, pretendeu classificar um sujeito pelo seu talento ou a maior manifestação de uma inteligência do espectro. Desta forma, a identidade dos sujeitos foi preservada e anonimizada.

3.3 Delineando as ideias dos alunos.

Trabalhos em didáticas das ciências já aceitam que as ideias prévias dos alunos não são conceitos errados, mas sim explicações que relacionam evidências do seu cotidiano. Giordan e De Vecchi (1996) sugerem que a melhor forma de se evoluir um modelo ou uma concepção já existente é primeiramente conhecendo-a, investigando-a, e não simplesmente tentando “implantar” o modelo cientificamente aceito.

Psicólogos cognitivos que têm concentrado estudos no aprendizado dos alunos alegam que, os professores devem investigar os modelos prévios e, a partir desses, criarem situações de investigação que levem o aluno a pensar e a reformular as suas concepções (GIORDAN, 1996). Assim, é possível pensar na construção do conhecimento como uma proposta de evoluir a ideia prévia para outra mais elaborada cientificamente (GIORDAN; DE VECCHI, 1996). Nesse contexto, Posner (1982 apud GIORDAN, 1998) cria um conjunto de propostas de educação que se baseiam na mudança conceitual e dividem-se em explicar as ideias prévias, estruturá-las (através do confronto cognitivo) e discutir novos conceitos integrando-os a essas ideias.

Giordan e De Vecchi (1996) sugerem que, a partir das ideias que já possui, o aluno seleciona as informações que ele considera relevantes para explicar determinadas situações, as compreender e integrar com outros conhecimentos. Desta forma, produz-se o aprendizado.

Para identificar as ideias dos alunos quanto à natureza da luz e o conteúdo de Óptica, foram utilizados os discursos dos alunos durante a realização das atividades, mapas conceituais e observações da autora.

A escola na qual o trabalho foi desenvolvido tem, por prática usual, a elaboração de mapas conceituais (MOREIRA; ROSA, 1986) nas áreas do conhecimento das Linguagens e Seminário Integrado. Sendo assim, a autora assumiu que, devido à familiaridade com essa atividade, sua construção não traria dificuldades para os alunos. Este recurso foi utilizado para permitir a expressão das ideias de alunos que não costumam participar das discussões.

Segundo Moreira e Rosa (1986), os mapas conceituais podem ser utilizados como uma forma de avaliar a organização e relações estabelecidas pelos alunos quanto a determinados conceitos em um conteúdo. Trata-se de uma avaliação

qualitativa que pode servir como guia da prática pedagógica do professor. Não existe uma regra ou modelo rígido para a elaboração de mapas conceituais. Porém, é fundamental que eles representem a hierarquia e relações de conceitos (MOREIRA; ROSA, 1986).

Os mapas conceituais tiveram como ponto de partida as seguintes perguntas, baseadas no trabalho de Guesne (1999): “O que é a luz?” e “O que a Luz representa para você?”.

Neste trabalho, os sujeitos da pesquisa foram convidados a elaborar mapas conceituais em grupos de 4 a 6 componentes, visando a troca de ideias, discussão, formulação de conceitos a partir das ideias prévias e sua organização hierárquica.

Os mapas foram construídos em grupos escolhidos pelos próprios alunos (por afinidade). Após discutirem o tema, construíram o mapa e o apresentaram para discussão no grande grupo. Desta forma, os grupos tiveram maior interação e muitas vezes, utilizaram argumentos usando as ideias dos seus próprios mapas.

O trabalho desenvolvido com os mapas conceituais foi realizado em um período total de duas aulas, sendo a primeira para investigação das ideias prévias e a segunda para investigar a se houve evolução dessas ideias.

As aulas seguintes, que constaram de dois encontros semanais de cinquenta e cinco minutos cada, por dois meses, foram destinadas às ações pedagógicas que serviram para confrontar as ideias prévias sobre a natureza da luz. Essa confrontação, segundo Giordan e De Vecchi (1996) poderá despertar no aluno o desejo de querer saber mais, de melhorar seus argumentos, levando-o a pesquisar em outras fontes, permitindo uma evolução gradativa de conceitos da ideia prévia para aproximá-la do modelo científico aceito. No último encontro, as mudanças ocorridas (ou não) sobre a natureza da luz foram avaliadas a partir da reelaboração dos mapas conceituais iniciais.

3.4 Delineando as ações pedagógicas.

Para planejar as ações pedagógicas, inicialmente, foi feita uma revisão bibliográfica compreendendo os estudos da Teoria das Inteligências Múltiplas (teoria das IM) e os estudos de Óptica no ensino de Física. Esse estudo permitiu efetuar as relações entre possíveis atividades pedagógicas em Física e o espectro de

inteligências proposto por Gardner, bem como estabelecer correlações entre atividades abordadas no ensino de Óptica e os aspectos das inteligências. Como referência para esta tarefa utilizou-se o estudo realizado por Smole (2000) na educação infantil, no qual se estabeleceram correlações entre atividades de ensino de Matemática e as inteligências múltiplas.

Smole selecionou as atividades de Matemática para a sala de aula pensando nas relações com o espectro de inteligências. A forma como a autora organizou essas atividades podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Possibilidades de atividades relacionadas com o espectro de inteligências (SMOLE, 2000).

Tipo de atividade	Material utilizado	Finalidade para a Matemática	Tipo de registro mais frequente que pode ser desenvolvido	Inteligências envolvidas
Jogo	Baralhos, dados, dominó, vareta, tabuleiros diversos, jogos comerciais, fichas, botões.	Desenvolver habilidades numéricas, espaciais, e trabalhar com habilidades de resolução de problemas.	Oral, escrito, desenho.	Linguística, lógico-matemática, inter e intrapessoal.
Literatura infantil	Livros diversos, fantoches, massa de modelar, vídeo, papel para dobradura.	Desenvolver processo de leitura e escrita, trabalhar com resolução de problemas, desenvolver noções de números, medidas e geometria.	Oral, escrito, desenho, dramatização, produção de livros próprios.	Linguística, lógico-matemática, intrapessoal e interpessoal.
Brincadeiras infantis, parlendas e cantigas de roda	Corda, bola, bolinha de gude, papel, tabuleiro riscado para amarelinha.	Desenvolver a percepção espacial, desenvolver noções de medidas e números, desenvolver a organização do esquema corporal.	Oral, desenho, corporal, escrito	Linguística, lógico-matemática, corporal-cinestésica, pictórica, espacial, interpessoal e musical.
Problemas de palavras	Papel manilha, vídeo, fichas, botões, uma boa	Desenvolver as habilidades de ler, formular, compreender e resolver problemas, propiciar	Oral, escrito, desenho, livro de problemas, cartazes	Linguística, lógico-matemática,

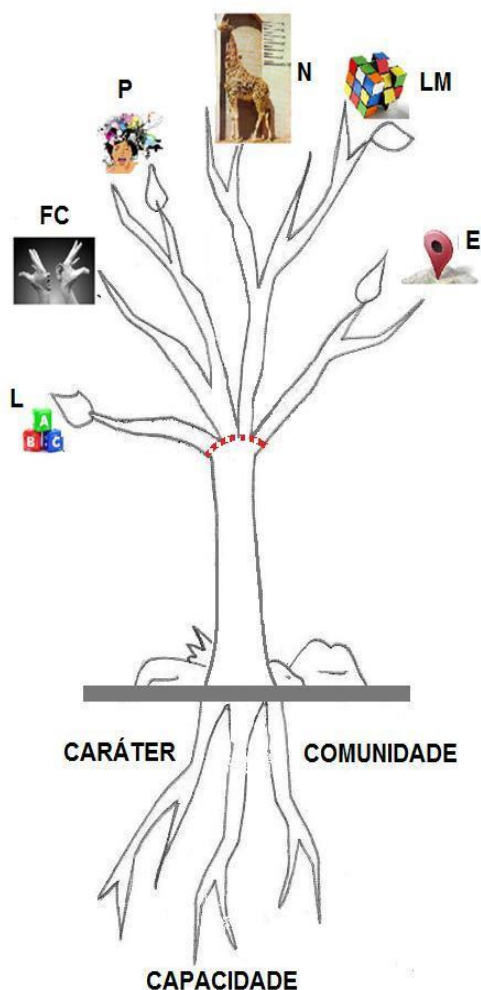
	coleção de problemas.	situações para abordar noções de números, medidas e geometria.	com problemas.	pictórica, inter e intrapessoal.
Exploração de figuras geométricas	Tangram, blocos lógicos, quebra-cabeças, geoplano, sólidos geométricos, figuras, elástico, papel de dobradura.	Desenvolver a percepção espacial, trabalhar com a capacidade de identificar, modelar, representar e comparar figuras geométricas planas e não planas, trabalhar com composição e decomposição de figuras.	Desenho, maquetes, livro de formas, móveis.	Linguística, corporal-cinestésica, pictórica e espacial.
Construção de gráficos	Papel pardo, fita crepe, tesoura, cola, cartolina, lápis de cor.	Desenvolver noções relativas a números e estatística, desenvolver a percepção e a localização espacial.	Desenho, texto escrito sobre conclusões.	Linguística, lógico-matemática, pictórica e espacial.

Fonte: Smole (2000, p. 167 e168)

Para o presente estudo, se buscou identificar inicialmente a relação de cada ação do professor com o espectro de inteligências. Para tal, construiu-se a “Árvore das IM para o ensino de Física” (Figura 1), tendo como objetivo mostrar uma possível relação entre ações do professor de Física e o espectro de inteligências: Língua, Físico Cinestésica, Pessoal (Inter e intrapessoal), Lógico Matemática, Espacial e Naturalista.

A escolha de uma árvore para representar as possíveis relações entre ações e o espectro foi inspirada na “Árvore da evolução”, proposta por Darwin na obra “Origem das espécies”. Porém, cabe a árvore carregar somente o significado de “evolução”; uma possível evolução nas ações do professor. A árvore proposta por Darwin apresentava os galhos em ordem de evolução das espécies. A Árvore da Teoria das IM aqui proposta, apresenta seus galhos todos no mesmo nível, coerente com a ideia proposta por Gardner de que nenhuma inteligência é mais importante do que a outra. O mesmo se refere a ordem de leitura dos galhos: não existe uma ordem, uma vez que todas estão no mesmo nível.

Figura 1- “Árvore das IM” para o Ensino de Física.



L (Linguística): Propiciar o desenvolvimento da capacidade de expressar de forma simples e clara a compreensão do assunto, sustentando suas ideias nas teorias estudadas.

FC (Físico Cinestésico): Propiciar o uso da habilidade manual para desenvolver atividades experimentais, principalmente com recursos limitados.

P (Pessoal – Inter e intrapessoal): Propiciar atividades em grupo que visem desenvolver a “liderança” e a capacidade de lidar com o contraste de diferentes opiniões.

N (Naturalista): Desenvolver a habilidade de investigar cientificamente para buscar possíveis respostas aos fenômenos naturais, bem como, fazer um reconhecimento de padrões de unidades e medidas.

LM (Lógico Matemática): Propiciar desenvolvimento evolutivo no raciocínio matemático e lógico para solução de problemas escolares e/ou abertos.

E (Espacial): Propiciar atividades que permitam a exploração de fenômenos naturais e desenvolvam a habilidade de usar no dia a dia as teorias estudadas para explicar esses fenômenos.

AS RAÍZES REPRESENTAM OS "PILARES" DA EDUCAÇÃO COM FOCO NA TEORIA DAS IM.

Fonte: Talissa Cristini Tavares Rodrigues.

As raízes da Árvore das IM representam os três Pilares propostos pela MI School, nas Filipinas (CANON-ABAQUIN, 2010) para desenvolver um bom trabalho no uso das inteligências múltiplas: Capacidade (desenvolver no aluno a ideia de que todos são capazes, quando combinam suas habilidades; desenvolver a autoestima do aluno), Caráter (desenvolver as inteligências pessoais do aluno de forma que sejam utilizadas para cumprir um papel positivo) e Comunidade (desenvolver o senso de inclusão no contexto cultural do aluno, bem como em problemas mundiais).

Se ousarmos sonhar que podemos criar futuros líderes, então é possível pensar em um futuro no qual todos os (...) profissionais usarão o que aprenderam ou suas inteligências para influenciar positivamente as vidas dos outros. Tudo que é bom começa com uma visão e com um primeiro passo. (...) Na MI School, construímos três pilares – capacidade, caráter e comunidade - para nos ajudar a promover o desenvolvimento das crianças que se tornarão cidadãos produtivos, envolvidos e responsáveis no futuro. (CANON-ABAQUIN, 2010, p. 130)

Cada galho da Árvore das IM identificado pelas siglas L, FC, P, LM e N representam possíveis ações que o professor de Física pode desenvolver para fazer uso da abordagem da Teoria das IM na sala de aula:

- **L (Linguística):** Propiciar o desenvolvimento da capacidade de expressar de forma simples e clara a compreensão do assunto, sustentando suas ideias nas teorias estudadas.
- **FC (Físico cinestésica):** Propiciar o uso da habilidade manual para desenvolver atividades experimentais, principalmente com pouco recurso disponível.
- **P (Pessoal – Inter e intrapessoal):** Propiciar atividades em grupo que visem desenvolver a “liderança” e a capacidade de lidar com o contraste de diferentes opiniões.
- **LM (Lógico Matemático):** Propiciar desenvolvimento evolutivo no raciocínio matemático e lógico para solução de problemas escolares e/ou abertos.
- **E (Espacial):** Propiciar atividades que permitam a exploração de fenômenos naturais e desenvolvam a habilidade de usar no dia a dia as teorias estudadas para explicar esses fenômenos.
- **N (Naturalista):** Desenvolver a habilidade de investigar cientificamente para buscar possíveis respostas aos fenômenos naturais, bem como, fazer um reconhecimento de padrões de unidades e medidas.

Na sequência, apresentamos as relações entre possíveis ações pedagógicas que contemplem os pontos de partida para uma abordagem da teoria das IM (Narrativo.Quantitativo/Numérico, Lógico, Fundamental/Existencial, Estético, Mão na massa e Social) e o espectro de inteligências da Árvore das IM, utilizadas para traçar o plano de atividades pedagógicas para o ensino de Óptica (Quadro 2).

Quadro 2 - Possibilidades de atividades para o estudo da Óptica visando uma abordagem baseada na Teoria das IM.

Atividade e finalidade para o estudo de Óptica	Material utilizado	Tipo de registro mais frequente que pode ser desenvolvido	Inteligências envolvidas
Linguística e cultural. (Conhecer o contexto histórico sobre os estudos da natureza da luz).	Gravuras.	Discurso e mapas conceituais.	Linguística, Naturalista, Pessoal.
Artística (Compreender a interação da Luz com a matéria).	Diferentes meios de estudo da Física e fonte luminosa.	Obra artística dos alunos.	Espacial, Naturalista, Pessoal
Observações astronômicas (Desenvolver o hábito de investigar, formular hipóteses e pesquisar).	Materiais para anotações e sites de pesquisa.	Registros das observações.	Naturalista, Interpessoal, Espacial
Percepção visual (Desenvolver as habilidades de formular, compreender e resolver problemas).	Papel celofane colorido, objetos e um disco de Newton.	Discurso, e cartazes.	Naturalista, Lógico-matemática, Pessoal,
Experiência 1 (Estudar a formação de imagens e a evolução das novas tecnologias fotográficas)	Fonte luminosa, caixas, papel e câmeras fotográficas.	Câmara escura.	Físico cinestésica, Espacial, Intrapessoal, Lógico-matemática.
Percepção cinematográfica (Desenvolver a habilidade de identificar erros físicos nos episódios de filmes e desenhos animados).	Trechos de episódios de filmes e desenhos animados	Discurso.	Linguística, pessoal, naturalista.
Experiência 2 (Identificar padrões qualitativos e quantitativos nas imagens dos espelhos).	Espelhos planos, colher e periscópio	Relatórios.	Lógico-matemática, Espacial, Físico cinestésica, Pessoal, Naturalista.
Decomposição da Luz. (Compreender o espectro da luz branca)	caixa de creme dental, CD, estilete e fita isolante preta.	Discurso e experimento.	Linguística, Lógico-matemática, Físico cinestésica, Naturalista.

Fonte: Talissa Cristini Tavares Rodrigues.

As relações delineadas entre inteligências, e atividades no Quadro 2 podem ser modificadas e adequadas de acordo com o perfil dos alunos. Por se tratar de uma proposta inicial que servirá como base para analisar as ações pedagógicas, as relações foram delineadas com base nos estudos sobre a Teoria das IM publicados na literatura. Gardner (2010) explica que para iniciar a educação com base na teoria das IM é necessário que os professores primeiramente conheçam a teoria e tenham certo domínio sobre a mesma. Por isso, a aplicação das atividades e a ação pedagógica focalizada na teoria das IM serão de responsabilidade da pesquisadora.

3.5 Delineando a análise dos dados.

Para a análise da (as) inteligência (as) priorizada (as) pelos alunos para solucionar os problemas propostos, será utilizada a Análise Textual Discursiva (ATD), de Moraes e Galliazzi (2011). Este é um processo compreendido entre as análises de Discurso (AD) e de Conteúdo (AC), diferenciando-se na sua metodologia. A ATD preocupa-se em descrever os fenômenos, interpretá-los, e compreendê-los juntamente com o discurso para a produção de metatextos, caracterizando um processo hermenêutico.

A análise textual discursiva corresponde a uma metodologia de análise de dados e informações de natureza qualitativa com a finalidade de produzir novas compreensões sobre os fenômenos e discursos. Insere-se entre os extremos da análise de conteúdo tradicional e os limites da análise discurso, representando um movimento interpretativo de caráter hermenêutico. (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 7)

O processo que constitui uma ATD pode ser realizado sob a perspectiva de categorias emergentes ou “*a priori*”, onde o sujeito faz sua análise com base em categorias pré-existentes, oriundas de uma teoria a qual se relaciona, ou melhor explica o fenômeno investigado. Assumindo que “um modelo é uma estrutura que pode ser utilizada como referência, uma imagem analógica que permita materializar uma ideia ou um conceito, tornados, assim, diretamente assimiláveis, permitindo também previsões” (GIORDAN; DE VECCHI, 1996, p. 196), para analisar os mapas conceituais, textos e expressões artísticas produzidas pelos sujeitos dessa pesquisa, as concepções alternativas de estudos semelhantes foram consideradas como modelo (categorias “*a priori*”): Gircoreano e Pacca (2001), La Rosa et al (1984) E

Almeida (1996)³. Por escolha da autora, o termo “concepções alternativas” foi substituído por “ideias prévias”.

A ATD também foi utilizada para a análise do discurso do grande grupo, quanto à explicação dos mapas conceituais e em relação às ações pedagógicas propostas. Para tal, o uso do processo da ATD se deu com categorias emergentes, compreendido em 4 etapas, que Moraes e Galiazzi (2011, p. 11) denominam de organização em quatro focos: “desmontagem dos textos (unitarização), estabelecimento de relações (categorização), captando o novo emergente e um processo auto-organizado

A desmontagem dos textos tem por finalidade compreendê-los através de leitura e análise profunda. Busca expressar sentidos e significados lhes atribuído. Esses significados representam uma “limitação do 'corpus'” e sempre carregarão os pressupostos do pesquisador (MORAES; GALIAZZI, 2011) que deve ser cauteloso para que esse processo não se faça sobre a sua visão, uma vez que a “identidade do discurso” daquele que o escreveu deve ser preservada.

O processo de categorização se caracteriza por uma análise que limita o “corpus”, podendo ser realizado sobre a perspectiva de uma teoria “a priori” (método dedutivo), sobre a emergência de categorias a partir do “corpus” (método indutivo) ou sobre a combinação de ambos os métodos, onde “a indução auxilia a aperfeiçoar um conjunto prévio de categorias produzidas por dedução” (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 23 e 24). A validação dessas categorias se dá por meio da apresentação de argumentos e hipóteses, fundamentados teoricamente, momento cujos autores relacionam com uma tempestade onde muitos relâmpagos (“*insights*”, ideias) surgirão sendo necessários para a compreensão (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 31).

O processo de captação do novo emergente consiste em uma análise mais profunda do processo de categorização para a interpretação dessas que permitirão a criação de metatextos, teses, em torno dos argumentos identificados que servirão para expressar os elementos existentes no fenômeno que se está analisando. O processo de auto-organização consiste, assim como o processo de captação do novo emergente, em uma profunda análise no seu material. Porém, aqui se

³ As concepções alternativas desses estudos são apresentadas, posteriormente, no capítulo “Resultados e discussões”.

estabelece o processo indutivo do pesquisador, o seu inconsciente em relação às compreensões dessa análise. Nesse momento, o pesquisador assume sua identidade “para expressar suas construções e convicções sobre os fenômenos que investiga” (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 135) se fazendo mais presente nos argumentos que defende.

Para identificar as possíveis inteligências manifestadas pelos alunos durante a realização das atividades propostas pelo professor, foi realizada a ATD com categorias “*a priori*”, pois se entende que a teoria das IM estabelece fortemente as categorias em relação às múltiplas inteligências dos alunos. Nesse caso, as categorias utilizadas foram as inteligências propostas por Gardner na teoria das IM.

A ATD permite um processo constante de compreensões do fenômeno investigado, fazendo emergir significados no “processo analítico, atingindo novas ordens por meio do caos e da desordem” (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 46).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Ideias dos alunos sobre a natureza da luz

No Ensino Médio, ao tratar da temática Óptica, a natureza dual da luz não costuma ser discutida, sendo realizados estudos normalmente voltados somente para a Óptica geométrica. A luz é apresentada como um simples conjunto de raios que descrevem trajetórias retilíneas. Esta representação dificulta a construção, por parte dos alunos, de explicações sobre fenômenos tais como: a origem da cor dos objetos, as sombras coloridas, o arco íris, a cor do céu e o brilho das estrelas. As concepções construídas pelos alunos sobre a natureza da luz costumam ser restritas a uma visão corpuscular.

Pesquisadores vêm buscando compreender as concepções sobre a luz (HARRES, 1993; GUESNE, 1999; SILVA, 2009).

Harres (1993) desenvolveu e aplicou um teste para identificar se os alunos possuem concepções cientificamente corretas em tópicos introdutórios de Óptica sobre a visão, as propriedades da propagação da luz e a formação de imagens em espelhos planos.

Guesne (1999) realizou um estudo com crianças entre 10 e 15 anos, que ainda não haviam estudado o tema em sua vida escolar. O estudo foi realizado sobre suas ideias prévias, explorando o que a palavra “luz” significava para eles, quais as propriedades que lhe eram atribuídas e como eram interpretados alguns fenômenos físicos. Os resultados mostraram duas concepções: (a) a luz igualada à sua origem, seus efeitos ou como um estado; (b) como corpo distinto, localizado no espaço entre a fonte e o efeito que ela produz (GUESNE, 1999, p. 32-33). Esses resultados permitiram concluir que as crianças admitem que a luz pode ser refletida pelos objetos, mas podem “ignorar” essa ideia dependendo da situação. Com isso, a autora sugere que o ensino estimule os alunos a usar intensamente essa ideia de “reflexão” e que ela seja aplicada de uma forma mais geral para explicar os fenômenos que envolvem a luz.

Contrapondo a ordenação tradicional do ensino de Óptica, Paulo e colaboradores (1997, apud SILVA, 2009), sugerem que se deve dar menor ênfase ao ensino da Óptica geométrica, em favor da discussão sobre a natureza da luz.

Segundo Gircoreano e Pacca (2001, p. 27), geralmente o estudo de Óptica é abordado nas escolas, baseado em conceitos de raios de luz e análise de alguns instrumentos ópticos, tais como prismas, lente e espelhos. A natureza da luz, sua interação com a matéria e sua ligação com o processo de visão são desconsiderados. Isso dificulta o aprendizado do aluno e reforça as concepções espontâneas, fazendo com que ele se afaste, cada vez mais, do modelo científico.

Partindo das discussões apresentadas nos estudos sobre as ideias sobre a luz (GUESNE, 1999; HARRES, 1993) e da proposta de estruturação de uma abordagem em Óptica que valorize a discussão da natureza da luz (GIRCOREANO; PACCA, 2001) e a teoria das IM na sala de aula, foi proposto aos sujeitos de pesquisa a elaboração de mapas conceituais, em grupo, que apresentassem as suas ideias relacionadas à natureza da luz.

Inicialmente, os alunos apresentaram dificuldades em expressar suas ideias através dos mapas conceituais. Em relato, os alunos destacaram que atividades em grupo para discutir e integrar ideias para formular uma nova ideia não era uma atividade a qual estavam acostumados a vivenciar nas aulas de Física. Esta reflexão mostra o quanto a inteligência pessoal (intra e interpessoal) não tem sido motivada nas aulas de Física, por isso os alunos têm dificuldade em expressar suas ideias quando recebem esta liberdade. Segundo Gardner (2001), para que uma ou todas as inteligências do espectro sejam desenvolvidas, se faz necessário que o indivíduo tenha contato com esta em seu ambiente. Se não estimularmos nossos alunos a pensar, discutir ideias, defender seus pontos de vista e trabalhar em grupo para buscar soluções, estaremos dificultando o desenvolvimento de sua inteligência pessoal.

Embora a proposta inicial tenha sido a construção de mapas conceituais, muitos grupos de alunos apresentaram suas ideias no formato de texto. Essa escolha pode representar a manifestação da herança no Brasil do modelo educacional francês, reproduzido quase que mundialmente, e que tem como foco o desenvolvimento da linguística e da matemática (GARDNER, 2001).

Apesar do constante contato com a atividade de elaborar mapas conceituais, muitos alunos afirmaram que não conseguiam associar qualquer conteúdo da Física a um mapa conceitual, pois, de acordo com suas percepções, "a Física representa números, variáveis e equações." Por isso, sentiam-se mais à vontade elaborando

um texto com as ideias (Figura 2). Alguns grupos optaram por representar a natureza da luz através de desenhos (Figura 3). Partindo do pressuposto de que possuímos um espectro de inteligências e que algumas dessas são mais desenvolvidas que as demais (GARDNER, 1994), todas as produções foram consideradas e analisadas, sendo comparadas com os discursos dos alunos durante as explicações no grande grupo.

As figuras 2 e 3 representam as ideias de dois grupos de alunos sobre a natureza da luz.

Figura 2 – Representação linguística das ideias iniciais sobre a natureza da luz.

A luz é gerada de várias maneiras pelo sol, ventos, água, energia elétrica e nuclear como usinas nucleares e hidroelétricas e essa luz é distribuída por meio de cabos que chegam até a sua casa pela ponta do fio que é a tomada. A luz foi estudada no séc. XVII, XVIII por Benjamin Franklin que observou uma tempestade de raios e viu que era gerada de uma descarga de electricidade.

Nota: Texto elaborado por um dos grupos, mostrando suas ideias iniciais sobre a natureza da luz.

Figura 3 – Representação artística das ideias iniciais sobre a natureza da luz.



Nota: Desenho elaborado por um dos grupos, mostrando suas ideias iniciais sobre a natureza da luz.

Segundo Harres (1993), os estudos sobre as concepções alternativas dos alunos em Óptica, na época de sua publicação, no Brasil, se limitavam a cinco e mostravam que a grande dificuldade dos alunos se encontrava nos tópicos iniciais, relacionados com a explicação da visão, a propagação da luz e os espelhos planos. Trabalhos subsequentes apresentam resultados semelhantes. Aproximadamente dez anos mais tarde, o estudo das concepções dos alunos em Óptica, mesmo limitado, ainda apresenta resultados muito semelhantes. Existe uma tendência dos alunos explicarem os fatos com base naquilo que podem ver ou não (GIRCOREANO; PACCA, 2001), bem como, associar a natureza da luz com uma fonte natural e artificial⁴ e explicar a cor como uma propriedade dos objetos.

Com base nos estudos anteriores, podemos destacar as seguintes ideias dos alunos sobre a luz:

- a) “Banho de Luz”: a luz ocupa todo o ambiente e ilumina os objetos, por isso conseguimos vê-los. Nessa concepção, a luz é estática e não possui qualquer relação com o olho do observador (GIRCOREANO; PACCA, 2001).
- b) “Raio visual”: a luz representa algo que sai dos olhos e proporciona a visão dos objetos. Nessa concepção a luz deixa de ser estática e o olho possui um papel ativo na visão (GIRCOREANO; PACCA, 2001).
- c) “Objetos refletores”: essa é uma concepção atribuída somente aos espelhos (LA ROSA et al, 1984). As imagens se formam na superfície do espelho, pois ele possui a propriedade de refletir tudo o que está na sua frente. Nessa concepção, a imagem vista em um espelho é retratada como algo que está no espelho por causa da reflexão e que basta olhar para ele para que seja possível a sua visualização. Não é mencionada qualquer interação da luz com o olho do observador (GIRCOREANO; PACCA, 2001).

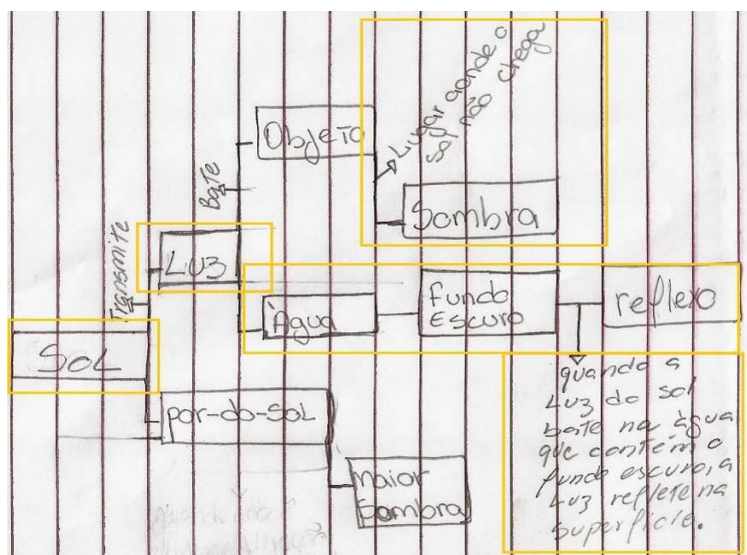
4 No estudo realizado por Goulart e Barros (1989) para investigar as representações espontâneas de crianças sobre fenômenos relativos à luz e seus modelos de visão, a ideia de que a luz tem origem em uma fonte natural (Sol) e artificial (lâmpadas) é fortemente presente

- d) “Cor”: as cores são propriedades dos objetos e não podem ser detectadas corretamente se a intensidade da luz for muito baixa (LA ROSA et al, 1984)
- e) “Fonte de ‘algo’ (calor, energia, etc.)”: A luz é caracterizada por sua procedência a partir de uma fonte, que pode ser o Sol ou uma lâmpada (ALMEIDA, 1996).
- f) “Fonte de algo”: A luz é identificada ou classificada como sendo igual a algo, como por exemplo, o calor ou à energia (ALMEIDA, 1996).
- g) “Significado mítico”: “Luz é tudo, luz é vida, paz” (ALMEIDA, 1996).

Os mapas conceituais e produções textuais com as ideias dos alunos apresentaram muita diversidade nas concepções, sendo possível encontrar mais de uma ideia em um único mapa. Algumas dessas concepções são semelhantes àquelas citadas anteriormente.

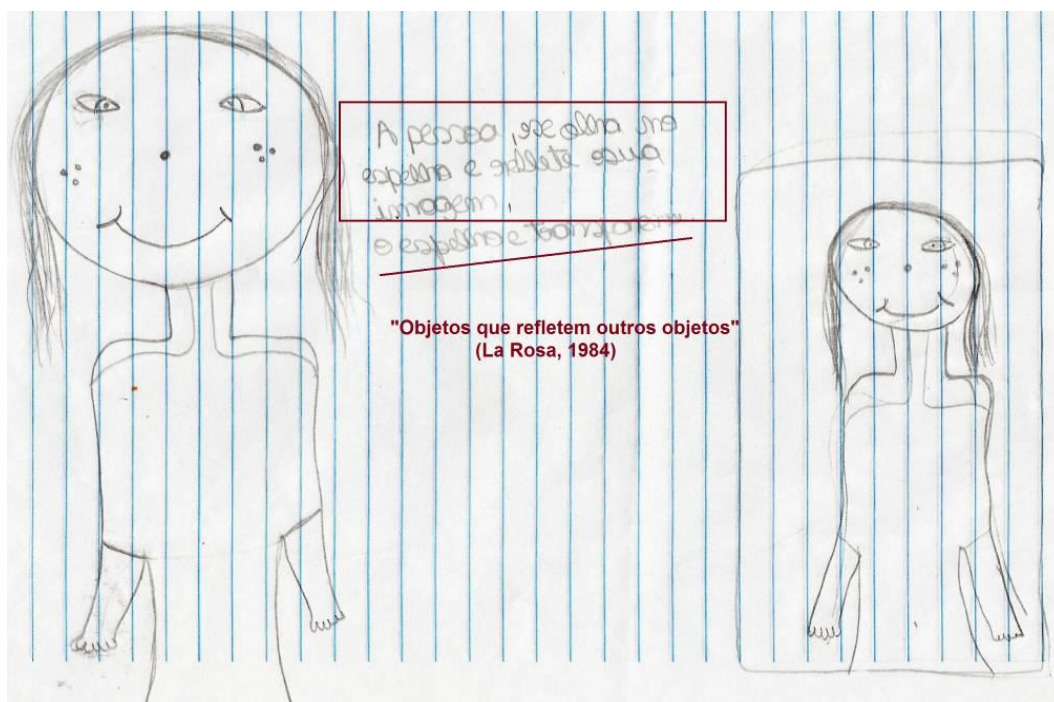
Na figura 4, no mapa conceitual do grupo, embora a luz apareça relacionada à ideia de reflexo e sombra, observa-se que, nas frases que ligam os conceitos-chaves, ela é citada como a ‘luz do sol’. Logo, a ideia central é de que a luz é proveniente de uma fonte natural: o Sol. Esta mesma concepção pode ser encontrada nos estudos realizados por Almeida (1996).

Figura 4 – Mapa conceitual que apresenta a natureza da luz como “Fonte de algo”.



Na figura 5, no mapa conceitual do grupo, A luz aparece relacionada à ideia de reflexão da imagem nos espelhos. O espelho é transparente e a imagem somente aparece quando a pessoa olha para ele. Esta mesma concepção pode ser encontrada nos estudos realizados por La Rosa et al (1984).

Figura 5 – Produção artística que apresenta a ideia de “objetos que refletem outros objetos”.



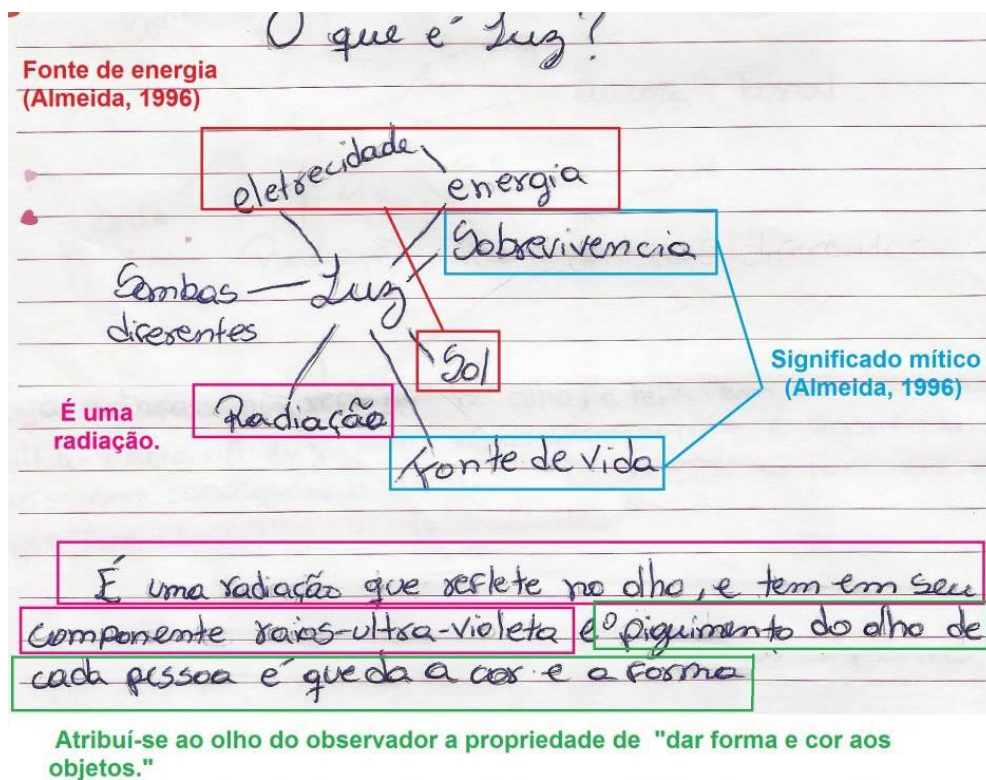
Em outros casos, pode-se observar claramente a evolução de algumas das concepções (Figura 6 e 7).

Na figura 6, são destacadas, com cores diferentes, as quatro ideias presentes, sendo devidamente identificadas quando já existentes em estudos publicados na área:

- (1) A luz é uma fonte de energia – equivalente a “Fonte de algo” (ALMEIDA, 1996)
- (2) A luz é fonte de vida, sobrevivência – equivalente a “Significado mítico” (ALMEIDA, 1996).
- (3) A luz é uma radiação.

(4) A luz é uma radiação que reflete no olho e em contato com os seus pigmentos permite a visualização de cores e formas.

Figura 6 – Mapa conceitual com diversidade de ideias.



Na figura 7, podemos destacar duas ideias:

- (5) A luz é uma forma de energia – equivalente a fonte de ‘algo’ (Almeida, 1996).
- (6) A luz é um agente físico que produz a visão ao interagir com os olhos.

Figura 7 – Produção textual sobre a natureza da luz.

A luz ou luz visível como é fisicamente caracterizada, é uma forma de energia radiante. É o agente físico que, atuando nos órgãos visuais, produz a sensação da visão.

* A luz é uma forma de energia.

* A luz é um agente físico que produz a visão ao interagir com olhos.

Destas seis ideias, três ideias se fazem presentes em estudos já publicados. Porém, as ideias (4) e (6) demonstram uma evolução das ideias: “As cores são propriedades dos objetos”, publicada por La Rosa et al (1984) e “Raio visual” (GIRCOREANO; PACCA, 2001).

Gircoreano e Pacca (2001) destacam que, na maioria das concepções relacionadas à luz, os estudantes apresentam a luz como algo estático e não atribuem nenhuma ação ao olho do observador, exceto na concepção “Raio visual”, onde se admite que a luz não é estática e se trata de um raio que sai dos olhos e permite que enxerguemos os objetos. Na concepção publicada por La Rosa (1984), as cores dos objetos não podem ser identificadas se não houver muita luz. O mapa conceitual da figura 6 faz uma fusão dessas duas concepções e trata a luz como uma radiação que é refletida no olho e o seu contato com a pigmentação na íris proporciona a visualização de formas e cores. A ideia de que a luz é estática passa a ser substituída pela ideia de que ela é uma radiação que se move até os nossos olhos. Além disso, a ideia de que o olho do observador não tem qualquer ação no processo, é substituída pela ideia de que a interação da radiação com a pigmentação dos olhos permite a visualização de cores e formas. As cores não são mais propriedades dos objetos, mas sim, fruto da interação de uma radiação com nossos olhos.

A análise de todos os mapas conceituais e textos produzidos pelos alunos (Apêndice A) com suas ideias iniciais sobre a natureza da luz permitiu a emergência de seis categorias principais sobre as ideias sobre a luz:

MT₁ – Fonte de energia artificial e natural: a luz provém do Sol, lua, lâmpadas, usinas de energia, entre outras.

MT₂ – “Significado mítico” (ALMEIDA, 1996): a luz é Deus, vida, paz, existência, entre outros.

MT₃ – Forma de energia: Calor, radiação/onda eletromagnética do Sol.

MT₄ – Radiação: em contato com os olhos, permite ver cores e formas. Nessa concepção, a luz não é estática e existe uma interação com o olho do observador.

MT₅ – Energia: ao interagir com objetos forma sombras ou reflete. Essa concepção se assemelha à concepção “Banho de Luz” (GIRCOREANO; PACCA, 2001). Porém, mostra uma evolução, pois

admite que a luz como não estática e é capaz de gerar fenômenos, tais como sombra e reflexão de imagens, quando interage com os objetos.

MT₆ – Reação química no ar que gera (ou não) luminosidade: partículas que interagem e geram (ou não) luminosidade.

As categorias são identificadas pela sigla “MT” para representar a categorização da autora realizada sobre os mapas conceituais. Na análise do discurso dos alunos, as categorias emergentes foram semelhantes às categorias obtidas nos mapas conceituais.

No discurso dos alunos, que se encontra no Apêndice B, pode-se identificar maior riqueza nas explicações e a presença de silogismos. Segundo Campbell et al. (2000), os silogismos eram utilizados por Aristóteles como uma forma lógica de resolução de problemas. Os argumentos estruturados, compostos por duas premissas e uma conclusão (lógica dedutiva) eram o principal instrumento para chegar a conclusões científicas, por exemplo: Todos os homens são mortais. Sócrates é um homem. Portanto, Sócrates é mortal.

A seguir, são apresentados alguns silogismos encontrados nos discursos dos alunos mostrando o uso da inteligência lógica para chegar a uma conclusão sobre a natureza da luz:

Silogismo 1: *“Os raios X emitem luz.*

Os raios X são ondas eletromagnéticas.

A luz é uma eletromagnética”.

Silogismo 2: *“Não vemos as ondas eletromagnéticas.*

Vemos a luz.

A luz não é uma onda eletromagnética”.

Silogismo 3: *“A luz do sol nos mantém vivos.*

O sol é uma fonte de energia.

A luz é uma fonte energética”.

Segundo Campbell *et al.* (2000, p. 55), “os silogismos ensinam os alunos a estabelecer premissas e determinar conclusões lógicas ou com falsas premissas, ditas ilógicas. Abaixo, vemos a conclusão de um aluno, apontada por ele como ilógica, pois a premissa não é verdadeira.

Silogismo 4: “As cores dos olhos permitem ver as cores.

Meus olhos são azuis.

Vejo tudo azul”.

A análise do discurso no grande grupo identificou que, a ideia de que “as cores são propriedades dos objetos” (LA ROSA *et al.*, 1984) é utilizada para explicar as cores dos objetos, apesar dela se mostrar evoluída nos mapas conceituais.

Como durante a construção dos mapas conceituais, os alunos apresentavam suas ideias, discutiam e chegavam a um acordo sobre como organizar essas ideias para construir os mapas, é provável que o aluno que apresentou a ideia citada por La Rosa (1984), não tenha conseguido, com seus argumentos, defender sua ideia perante o grupo. Considerando que poucos alunos manifestaram esta ideia, permanece válida a hipótese de que houve uma evolução da mesma. Porém, observou-se que alguns alunos atribuem aos objetos a propriedade das cores e, quando colocados diante de situações que confrontam essa ideia, por exemplo, iluminar objetos com fontes de luz monocromática, não conseguem dar uma explicação.

Percebeu-se que existe uma tendência dos alunos em categorizar a luz como um “tipo de energia” ou como uma “fonte de energia”. Foi identificada, ainda, a tendência em relacionar a luz, com sua fonte ou forma de produção por exemplo, a

eletricidade, o sol, as luzes coloridas no céu (auroras polares). Abaixo, seguem trechos dos discursos dos alunos que validam essa afirmação:

Trecho 1: “A luz é uma fonte de energia. O sol, por exemplo”.

Trecho 2: “A luz é a luminosidade dos raios. É a energia deles”.

Trecho 3: “Além de energia, a luz é eletricidade”.

Trecho 4: “As auroras são luzes coloridas no céu. (...) As auroras só têm nos polos”.

Trecho 5: “Existem muitas luzes: luz solar, luz gerada pelos ventos, luz elétrica, luz dos objetos”.

Essas relações foram igualmente identificadas por Almeida (1996) em seus estudos sobre as ideias dos alunos quanto à natureza da luz.

Abaixo, seguem as categorias finais que resumem as ideias prévias dos alunos que participaram desta pesquisa sobre a natureza da luz, incluindo tanto as ideias identificadas nos mapas conceituais, quanto os textos e discursos dos alunos:

- T_1 – *Forma de energia*: A luz é identificada como calor, radiação/onda eletromagnética do Sol. Nessa concepção, a luz não é estática e é classificada como uma radiação ou onda eletromagnética, tendo a capacidade de provocar calor e aquecimento.
- T_2 – *Fonte de energia*: a luz provém do Sol, Lua, lâmpadas e usinas. Nessa concepção, a luz depende de uma fonte para existir. Atribui-se a dificuldade de detectar (enxergar) os objetos pela ausência de uma fonte de luz.
- T_3 – *Radiação*: em contato com os olhos, permite ver cores e formas. Nessa concepção a luz não é estática e existe a interação do olho do observador no processo de enxergar os objetos. Trata-se de uma ideia mais evoluída, no sentido que o que vemos depende da interação da luz com nossos olhos e não somente com os objetos. Desta forma, as cores, sombras e luminosidade é fruto dessa interação.
- T_4 – *Interação*: ao interagir com objetos, forma sombras ou reflete imagens. Nessa concepção a luz não é estática, mas a propriedade de formar sombras ou refletir é atribuída à interação da energia (luz) com os objetos, sem qualquer referência ao observador. Essa concepção traz a

ideia de que a sombra resulta da interação da luz com a matéria, mas ela se forma sempre na mesma posição e não depende do observador, dependendo apenas do objeto. Aqui aparecem também relações de reflexão de imagens na água. Esse exemplo apareceu em alguns mapas conceituais e sempre esteve ligado à explicação do fundo escuro de uma piscina que, em contato com a água e a luminosidade, se transforma em uma superfície refletora, como um espelho.

- T₅ – *Significado mítico* (ALMEIDA, 1996): a luz é Deus, vida, paz, existência. Essa concepção traz uma conotação religiosa.
- T₆ – *Reação química*: a luz é produzida por partículas que interagem e geram luminosidade. Nessa concepção a luz é o resultado da interação de elementos químicos.

Percebeu-se que os alunos apresentam uma dificuldade imensa em expressar a natureza da luz ou descrever o seu significado. Muitos alunos relataram, durante a discussão, que nunca haviam pensado no que realmente era a luz e/ou o que poderia ela poderia representar/significar. Nesse sentido, Andrade (1995) afirma que a luz não desperta atenção dos estudantes, exceto em fatos relacionados à falta de luz ou excesso de claridade.

As ideias T₁ à T₆ mostram uma síntese das ideias dos alunos identificadas pela autora, antes da realização das atividades que exploram esse tema. Essa investigação prévia das ideias não teve como objetivo identificar um modelo ou padrão de explicação para a natureza da luz por parte do grupo. As ideias dos alunos, apresentadas nos mapas conceituais e comentadas pela autora, são apresentadas no Apêndice B. Tais ideias foram fundamentais para a elaboração das ações pedagógicas e serão comentadas posteriormente, ao longo da análise das atividades.

4.2 Ações pedagógicas sob a ótica da teoria das IM

A ideia de criar ações pedagógicas que explorassem o potencial criativo e o espectro de inteligências dos alunos surgiu com a constante insatisfação quanto à forma como o ensino de Física vem sendo desenvolvido nas escolas, em especial, nas escolas públicas. É comum encontrarmos alunos acostumados a preencher listas de exercícios com aplicação de fórmulas e esperar que o professor de Física trabalhe sempre com essas atividades. Porém, a insatisfação, tanto por parte do aluno, quanto do professor, é notável: ao término de cada ano, cada vez mais temos alunos que assumem a visão de que Física é somente cálculo e, com isso, perdem a essência desta ciência, que utiliza a Matemática apenas como uma ferramenta.

Na tentativa de explorar esse contexto desfavorável e buscar uma alternativa, se propôs a elaboração e adaptação de algumas atividades para o ensino de Física, explorando o conteúdo de Óptica física, que, por se tratar de um estudo mais teórico, geralmente não é trabalhado no Ensino Médio nas escolas públicas.

As ações propostas foram elaboradas levando em consideração o contexto cultural da escola, dos alunos e principalmente as ideias que eles tinham sobre o assunto. Por cerca de um ano, se realizou um estudo sobre as atividades mais frequentes no ensino de Óptica e como elas poderiam ser adaptadas para uma abordagem com foco na Teoria das IM, particularmente buscando estimular diversas inteligências, além da lógico-matemática.

O Quadro 3 mostra as atividades que foram desenvolvidas no decorrer deste trabalho, que serão objeto de investigação desta dissertação. As atividades foram desenvolvidas com os alunos ao longo de um trimestre letivo. Em cada caso, além do objetivo, material utilizado e registro utilizado, foram apresentados os pontos de entrada para a teoria das IM e as inteligências envolvidas.

Quadro 3 - Atividades desenvolvidas para o estudo da Óptica visando uma abordagem na Teoria das IM.

Atividade	Material utilizado	Finalidade para o estudo de Óptica	Registro utilizado	Pontos de entrada para a Teoria das IM	Inteligências Envolvidas
Contos sobre a Luz	Gravuras para contar a história sobre os modelos que abordam a natureza da luz.	Conhecer o contexto histórico dos estudos da natureza da luz.	Debates e construção de mapas conceituais com as ideias iniciais dos alunos sobre a natureza da Luz.	Narrativo, Fundamental/ existencial	Linguística, Naturalista, Pessoal.
Seja Monet por um dia!	Um vaso de flores, uma bola de tênis, canetas, papel branco, lápis colorido, copo de plástico (translúcido) estojo transparente, <i>Datashow</i> (fonte luminosa), <i>Google Art Project</i> .	Abordar a interação da luz com a matéria e os meios opacos, translúcidos, absorventes e transparentes.	Obra artística dos alunos.	Narrativo, Estético, social e “Mão na massa”.	Espacial, Naturalista Pessoal
Diário Lunar	Lápis, bloco para desenho, observações lunares, sites e livros para pesquisa.	Desenvolver a percepção espacial da interação da Luz com a matéria, dispersão da luz, ilusões de Óptica e percepção.	Observações da Lua durante 30 dias para confeccionar um diário lunar contendo todas as informações sobre as hipóteses, dados coletados e pesquisa realizada. Na sequência, apresentação para o grupo.	“Mão na massa”, Estético, Lógico, Social e Fundamental/ existencial.	Naturalista, Interpessoal, Espacial.
Olhos que mentem	Papel celofane azul, vermelho e verde, projetor (fonte de luz), objetos coloridos, caixa de papelão, disco de Newton..	Desenvolver as habilidades de formular, compreender e resolver problemas, propiciando situações para abordar a cor dos objetos.	Oral, cartazes com problemas.	Estético, Lógico, Social e Fundamental/ existencial.	Naturalista, Lógico-matemática, Pessoal,

Da caixa de sapato à câmera fotográfica.	Vela, caixa de sapato, papel vegetal, câmeras fotográficas.	Desenvolver a percepção espacial geométrica da formação de imagens, trabalhar com a capacidade de identificar, modelar, representar e comparar experimentos simples que serviram de base para novas tecnologias.	Câmara escura construída pelos alunos.	“Mão na massa”, Estético, Lógico, Quantitativo/ numérico, Social, Narrativo e Fundamental/ existencial.	Físico cinestésica, Espacial, Intrapessoal, Lógico-matemática.
Jogo dos erros	Trechos de episódios de filmes e desenhos animados	Desenvolver a habilidade de identificar erros nos episódios de filmes e desenhos animados, no que se refere à construção de imagens nos espelhos e dispersão da luz.	Oral.	Estético, Lógico, Quantitativo/ numérico e Social.	Lógico-matemática Pessoal, Naturalista.
Brincando com espelhos	Espelhos planos, côncavos e convexos.	Desenvolver noções de identificação de padrões de imagens nos espelhos, aplicar na prática as equações matemáticas relacionadas ao estudo dos elementos, imagens e associação desses.	Relatório.	“Mão na massa”, Estético, Lógico, Quantitativo/ numérico e Social.	Linguística, Lógico-matemática, Espacial, Físico cinestésica, Pessoal, Naturalista.
Decompondo a Luz branca	Caixa de creme dental, CD (para usar como rede de difração), estilete e fita isolante preta, espectro eletromagnético.	Propiciar a compreensão da composição da luz branca através do espectro eletromagnético. Comparar as frequências e comprimentos de ondas do espectro visível com as demais ondas eletromagnéticas.	Espectrômetro caseiro, ora e textos explicativos (construído pelos alunos).	“Mão na massa”, Estético, Lógico, Social e Fundamental/ existencial.	Linguística, Lógico-matemática, Físico cinestésica e Naturalista.

Na sequência, são descritas as ações pedagógicas apresentadas no Quadro 3, detalhando seu desenvolvimento e relações com a teoria das IM.

A descrição das atividades segue a ordem cronológica de apresentação aos alunos, com exceção da atividade “Diário Lunar”, que será apresentada ao final, pois foi desenvolvida ao longo de todo o trimestre letivo.

4.2.1 Contos de Física

Segundo Campbell *et al.* (2000, p. 31-33), contar histórias é uma ação que encanta jovens e adultos. A voz humana proporciona àqueles que são capazes de ouvir, a introdução à linguagem. Quando atribuída às histórias e leituras em voz alta, são formas de despertar o interesse e facilitar o aprendizado nas disciplinas. O contador de histórias pode ser tanto o aluno quanto o professor. Na atividade “Contos de Física”, o professor foi quem assumiu este papel, tendo como objetivo, apresentar o contexto histórico dos estudos sobre a luz, proporcionando ao aluno a criação de um cenário imaginário e o estabelecimento de relações com as suas ideias prévias sobre o assunto.

Para a atividade, os alunos foram reunidos em círculo, na sala de vídeo da escola. Na parede, foram projetados slides com imagens de algum dos cientistas e filósofos que compõem o contexto histórico do estudo da natureza da luz. Os slides foram projetados pela autora para uma atividade de aproximadamente, trinta minutos, mas, devido ao caráter de provocar reflexões nos alunos sobre o tema esperava-se que eles participassem ativamente com perguntas, opiniões e/ou comentários. Esse objetivo foi alcançado e a ação pedagógica se estendeu até o final do período de aula.

A ação pedagógica “Contos de Física” foi proposta com o objetivo de procurar despertar as inteligências linguística, naturalista e pessoal dos alunos. Fazendo uso, principalmente, do ponto de partida “Narrativo e Fundamental/existencial”, ela possibilita ao aluno não somente o conhecimento de um contexto histórico, mas o reconhecimento de que estudos científicos são elaborados com erros e acertos.

Durante a sua realização, os alunos faziam comentários e perguntas mostrando interesse nos fatos históricos apresentados sobre os estudos da natureza da luz. Abaixo, são destacados alguns relatos dos alunos comparando suas ideias

com o modelo pitagórico, no qual a luz é algo está dentro de nós, e o contexto em que Newton decompôs a luz branca utilizando um prisma.⁵

Isso [a dispersão da luz] é o mesmo que acontece quando colocamos um CD contra a luz?(...) Como é mesmo o nome disso? (ALUNO A)

Viram só: eu não estava tão errado quando disse que [a luz] era como algo que estava em nós. Mas claro que eu não quis dizer dessa forma. Quis dizer que era algo em nossos olhos que nos ajudavam a ver a luz. (ALUNO B)

Newton era mesmo um gênio! Quem imaginaria que um brinquedo de vidro escondesse tantas coisas. Mas quando ele decompôs a luz não ficou mais difícil explicar sua teoria? Se a luz fosse partícula, ela bateria no vidro. (ALUNO A)

O relato dos alunos mostra que a atividade e a ação do professor ao contar a história que retratou os estudos sobre a natureza da luz provocaram-lhes conexões com fatos que ocorrem no dia a dia (ALUNO A), reflexões sobre proximidades entre as suas ideias prévias e modelos do passado (ALUNO B) e reflexões sobre a validade de um resultado experimental para uma teoria em questão, inclusive com o uso de silogismo (ALUNO A). Essas são características que evidenciam o uso da inteligência pessoal e lógico-matemática.

Segundo Smole (2000), o manifesto da inteligência pessoal (intra e interpessoal) é observada quando a ação do professor desperta no aluno a capacidade de trabalhar no grande grupo com segurança ao expor seu ponto de vista, falar sobre conquistas, dificuldades, defender impressões pessoais sobre o assunto e refutá-las quando convencido de que não são convenientes. Nesse aspecto, cabe ao professor propiciar atividades que provoquem no aluno reflexões e discussões, não só internas, mas no grande grupo. Para isso, pode ser utilizado, como ponto de partida, o Fundamental/existencial (GARDNER, 2001), destinado a atingir os alunos que gostam de discutir verbalmente questões fundamentais, reflexivas, filosóficas.

O ponto de partida Narrativo, amplamente abordado nesta atividade, é destinado aos alunos que gostam de aprender através das histórias. Provocando discussões e conflitos internos com as ideias dos alunos. Com isso, promove-se a

⁵ Mais adiante, na atividade “Decompondo a luz branca” dar-se-á maior ênfase a este contexto, detalhando a experiência realizada por Newton.

complexificação dessas ideias, pois ele tem que formular argumentos para sustentar seu ponto de vista ou, até mesmo refutá-lo.

Esses dois pontos de partida (Fundamental/existencial e narrativo) satisfazem as características da inteligência Pessoal. Desta forma, os alunos mostram conexões e relações entre suas ideias com os modelos do passado e objetos que comprovam certas teorias, mostram que essa inteligência estimulada.

Analisemos novamente o discurso do Aluno A, quando este apresenta uma questão fundamental que pode ser resumida da seguinte forma: se a luz é composta por partículas, ao ter contato com o prisma, essas partículas não deveriam 'bater' neste e voltar, ou o atravessá-lo, sem qualquer interferência? De fato, essa é uma questão que, embora os livros didáticos apresentem como um problema simples solucionado por Newton foi motivo de discussões por muitos anos na comunidade científica (SILVA; MARTINS, 1996).

A teoria corpuscular de Newton, apresentada em 1672, explicava que sendo a luz composta por partículas, ao entrar em contato com os objetos, essas partículas provocavam as sombras, pois não conseguiam contorná-los. Tal argumento foi a sustentação do cientista para defender a teoria corpuscular perante o modelo ondulatório da luz proposto por Huygens.

Para Newton, se a luz fosse uma onda, ao entrar em contato com os objetos ela sofreria difração (contornaria o obstáculo), o que não se verificava. Para explicar 'as cores' obtidas no experimento realizado com o prisma, Newton supôs que a luz branca era uma mistura heterogênea de raios coloridos que, ao passar pelo prisma eram separados. A curvatura apresentada pelas cores observadas no anteparo, para Newton, era fruto de interação de forças que atuavam sobre os corpúsculos (SILVA; MARTINS, 1996). Hoje, sabemos que ela se deve à refração da luz.

Os livros didáticos abordam a decomposição e refração da luz, tendo como referência e comprovação, o experimento realizado por Newton, mas declaram que a luz é uma onda eletromagnética. Porém, não se descreve o modelo ondulatório e, quando o fazem, é somente após todo o estudo da Óptica física, dedicando um capítulo específico para o experimento das interferências de ondas, estudado por

Young, que adotava o modelo ondulatório da luz⁶. A discussão sobre o caráter dual da luz (onda e partícula) sequer costuma ser abordado.

A atividade “Contos de Física”, sob a ação pedagógica de contar uma breve história sobre os estudos da natureza da luz, permitiu que os alunos fizessem uma viagem imaginária, indo além dos livros didáticos. Permitiu refletir sobre contextos e padrões. Por exemplo, o relato abaixo, traz a reflexão de um aluno quanto à medida da velocidade da luz realizada por Galileu: “Muito rápida!” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

Se levarmos em consideração que naquela época não havia cronômetros, podemos dizer que na verdade Galileu foi muito esperto! Os outros cientistas é que não foram espertos, suficientes, para pensar em medir a velocidade da luz de uma forma tão simples e chegar à conclusão de que ela era tão rápida que com os instrumentos da época era impossível determinar um valor. (ALUNO C)

A atividade proporcionou aos alunos o reconhecimento de padrões científicos de determinadas épocas e a reflexão desses padrões. Em relatos anteriores também foram identificados o reconhecimento da teoria proposta por Pitágoras (582 a 500) de que a visão era fruto de algo que estava dentro de nós e era emitido pelo olho: a luz; Anaxágoras (500-428) e Epicuro (342-270), que acreditavam que a luz era parte de um dos quatro elementos da natureza, o fogo, e era composta por partículas com propriedades de atribuir as cores aos objetos. Por mais absurda que essas teorias pareçam hoje, se pararmos para refletir sobre o contexto em que foi proposta, o atomismo, ela está bem fundamentada⁷. Tais características evidenciam o ponto de partida Fundamental/existencial e Narrativo, destacando o estímulo das inteligências Naturalista, Pessoal e Linguística, pois após refletir sobre o contexto e formular suas ideias, foi necessário manifestar, através da linguagem, o raciocínio científico

⁶ Young acreditava na luz como sendo ondas. Assim como as ondas do mar elas poderiam anular umas às outras ou intensificarem-se. Através do experimento da dupla fenda, trabalhou para explicar o fenômeno da interferência luminosa e ainda, explicou que as cores encontradas no experimento de Newton eram comprimentos diferentes de ondas. Por não ter um caráter matemático, as explicações de Young não receberam muita credibilidade, sendo proposta à comunidade científica, o desafio de apresentar à Académie des Sciences soluções matemáticas para tal teoria. Fonte: CDCC/USP Setor de Física. A natureza da luz: onda ou partícula. Disponível em: <http://fisica.cdcc.usp.br/Professores/Einstein-SHMCarvalho/node5.html>

⁷ CDCC/USP Setor de Física. A natureza da luz: onda ou partícula. Disponível em: <http://fisica.cdcc.usp.br/Professores/Einstein-SHMCarvalho/node5.html>.

utilizado neste processo, de forma clara e eficaz, expondo seu ponto de vista e/ou suas dúvidas.

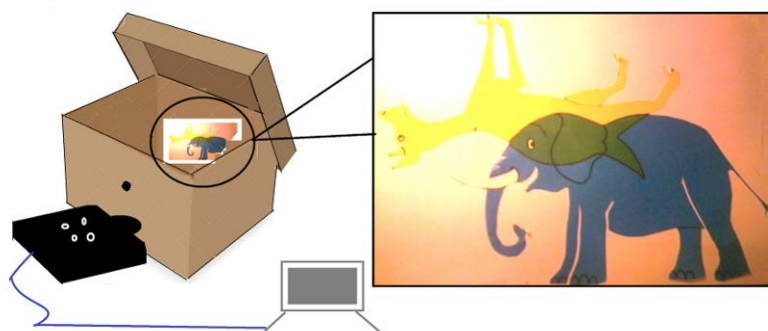
O aluno precisa conhecer os contextos em que as descobertas e realizações da Ciência se inserem. Ele “precisa saber sobre estes tópicos, mas não porque eles podem cair numa prova, e sim porque nos ajudam a identificar as possibilidades humanas e sintetizar nosso conhecimento para nós mesmos” (GARDNER, 2001, p. 219).

4.2.2 Olhos que mentem

Durante a análise dos discursos dos alunos sobre a natureza da luz, foi identificado o uso silogismos. A atividade “Olhos que mentem” foi pensada como uma ação pedagógica que além de procurar desenvolver e promover o uso das inteligências Pessoal e Naturalista (para a discussão e reconhecimento de padrões importantes na Óptica) se destaca na Lógica-matemática, principalmente, para observar como os alunos lidam com situações em que nem sempre o uso das premissas (silogismos) satisfaz a explicação dos fenômenos.

No centro da sala de aula, uma caixa com um projetor (*datashow*) acoplado, colocados sobre uma mesa, despertou a curiosidade dos alunos. O assunto discutido nesta aula foi as “cores dos objetos”. O projetor foi conectado a um computador para projetar, no interior de uma caixa, slides nas cores vermelho, amarelo e branco. Dentro dessa caixa, havia uma imagem que, quando iluminada pela luz branca (projeção do slide branco), era possível perceber três animais desenhados: um peixe verde, um cachorro amarelo e um elefante azul (Figura. 8).

Figura 8 – Esquema representativo do experimento utilizado na atividade “Olhos que mentem”.



Quando se iluminava a imagem com a luz vermelha (slide vermelho projetado), o cachorro parecia vermelho, o elefante e o peixe pareciam pretos.

Essa atividade é uma releitura de um experimento existente em um museu de ciências local. Sua finalidade é abordar o processo aditivo e subtrativo de cores. O experimento original possui a imagem (Figura 8) dentro de uma caixa de vidro. Nesta caixa existem três botões que indicam as cores branca, vermelho e amarelo, correspondendo às lâmpadas que iluminam a imagem, quando pressionado. Ao pressionar o botão vermelho, a imagem é iluminada por uma luz monocromática vermelha. O resultado pode ser observado na figura 9.

Figura 9 - Imagem iluminada pela luz monocromática vermelha.



O peixe e o elefante são observados na cor preta, e o cachorro na cor vermelha. Ao pressionar o botão amarelo, a imagem é iluminada por uma luz monocromática amarela, resultando na observação de um cachorro amarelo, um peixe e um elefante na cor verde (Figura 10).

Figura 10 - Imagem iluminada pela luz monocromática amarela.



Na releitura desse experimento, proposto em sala de aula (atividade “Olhos que mentem”), os resultados obtidos ao iluminar a imagem no interior da caixa utilizando a projeção de slides com o projetor foram muito semelhantes aos resultados das figuras 9 e 10. Não foram realizados registros fotográficos destes resultados devido a algumas limitações da atividade: não havia possibilidade de acoplar uma câmera fotográfica na caixa para registrar os instantes em que a imagem era iluminada pelos slides em cores diferentes e, qualquer tentativa de abrir a caixa, a iluminação branca contida no ambiente (luz do sol), ainda que em pouca quantidade, influenciava na observação.

Compreender o processo óptico de criação e observação das cores dos objetos é complexo para os alunos. Nas séries iniciais é costumeiro aprender a trabalhar com as cores na disciplina de artes. São estudadas as cores primárias, cores puras e independentes que não podem ser decompostas. A mistura dessas cores, em proporções iguais, resulta na cor preta, devido ao processo subtrativo de pigmentos. Na Física, existe o sistema de cores luminosas (cor-luz) chamado sistema RGB (*Red, Green e Blue*), em português, vermelho, verde e azul. A mistura dessas cores-luz, em proporções iguais resulta nas cores Magenta, Azul Ciano e Amarelo (cores-luz primárias) (Figura 11).

Figura 11 - Misturas das cores do sistema RGB.



Nota: Edição de imagem da autora. A figura original pode ser encontrada no site <http://educar.sc.usp.br/optica/mf4_2.htm>

Monitores de televisores e computadores utilizam o sistema *RGB* para coloração das imagens. Algumas impressoras e *scanners* utilizam o sistema de cores Magenta, Ciano e Amarelo de cores-tinta, devido ao processo subtrativo.

Quando as fontes luminosas de cores primárias são somadas pode-se obter as demais cores do espectro da luz visível. A esse processo denomina-se processo

aditivo, que corresponde ao processo observado na atividade “Olhos que mentem”. Quando um objeto é iluminado por luz branca e apresenta cor verde, conclui-se que ele absorve os comprimentos de onda que compõem a luz branca, mas reflete, em maior quantidade, os comprimentos de ondas que correspondem à cor verde. Esse processo é denominado processo subtrativo (GASPAR, 2011).

A atividade “Olhos que mentem” expôs os alunos a uma situação pouco usual. A partir da fala dos alunos, observamos que, na concepção deles, se um objeto era verde, ele deveria continuar sendo verde até que alguém modificasse sua cor (pigmento). Porém, o objeto pintado de verde ao ser iluminado com luz vermelha, apresentava uma coloração “preta”, que na Física é interpretada pela ausência de cor. Quando o objeto verde é iluminado por uma fonte luminosa monocromática que não corresponde ao comprimento de onda que este objeto reflete, ele absorve toda a luz e o resultado é a cor preta. Essa situação fugia à compreensão dos alunos. De acordo com a análise anterior das ideias dos alunos, eles não fazem correlações entre as cores e a luz. Na concepção deles, a cor está relacionada a uma pigmentação e a luz a uma fonte de energia. Trata-se de um reconhecimento de padrões e compreensão da natureza da luz.

Para a compreensão das relações entre as cores e a luz, se fazem necessárias ações que desenvolvam no aluno o uso da sua inteligência Naturalista. Compreende-se que é mais fácil apresentar os conceitos como regras, mas o aluno precisa se confrontar com suas ideias. Ele precisa reconstruir as suas ideias e o professor é quem deve mediá-lo nesse caminho com as informações necessárias.

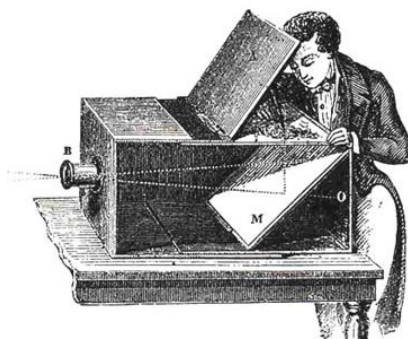
A ação pedagógica “Olhos que mentem” foi proposta com o objetivo de procurar despertar a inteligência Naturalista. O ponto de partida foi “Narrativo e Fundamental/existencial”. A manifestação da inteligência Naturalista é comum em disciplinas como a Biologia, ou temas, como a educação ambiental. Porém, ela pode ser manifestada em outras disciplinas ou áreas do conhecimento quando se propõe investigações que têm início com a formulação de teorias a respeito de como as coisas parecem ser o que são, propicia a troca de ideias entre colegas e a comparação dessas com as ideias científicas. Segundo Campbell *et al.* (2000. p. 206), tais investigações permitem que o aluno tenha conhecimentos gerais sobre o funcionamento do mundo ao seu redor, além de lhe propiciar “amplos arcabouços e estrutura para compreendê-lo”.

4.2.3 Da caixa de sapato à câmera fotográfica.

O ponto de partida para esta atividade foi um breve contexto histórico sobre a evolução das câmeras fotográficas e fotografias. Esse ponto de partida Narrativo se faz necessário para provocar no aluno a reflexão sobre como se deu a evolução da tecnologia. Seu objetivo era auxiliar o aluno a compreender que os resultados científicos e tecnológicos são frutos de processos longos de estudos, formulações de hipóteses e experimentações e não, resultados imediatos e instantâneos, como geralmente são apresentados na literatura. Outros pontos de partida da abordagem da teoria das IM contemplados nesta atividade foram: “Mão na massa”, estético, lógico, quantitativo/numérico, fundamental/existencial e social.

Captar e registrar imagens tornou-se possível com as primeiras câmeras fotográficas que, nada mais eram, do que câmaras escuras: uma caixa preta com um pequeno furo em uma das faces para a entrada de luz (Figura 12). A imagem era formada na face oposta ao orifício.

Figura 12 – Imagem representativa das primeiras câmeras fotográficas.



Fonte: Toscano. C; Gonçalves Filho. A; Física para o Ensino Médio, Vol. Único, Ed. Scipione. São Paulo. 2002. 480p.

As câmaras escuras podem ser facilmente recriadas utilizando uma caixa de sapato, tesoura, papel vegetal e cola. Esse trabalho manual foi proposto aos alunos. Reunidos em grupos, eles receberam um roteiro norteador aberto para a atividade (APÊNDICE C).

Durante o procedimento, os alunos identificaram, rapidamente, que a relação utilizada para calcular o tamanho da imagem na câmara escura era a relação de semelhança de triângulos que estavam estudando em Matemática, como mostram os relatos a seguir:

Essa fórmula é aquela semelhança de triângulos que estamos aprendendo em Matemática? Não sabia que era usada para isso. Mas o melhor de tudo é que não preciso decorar a equação. Basta fazer o “esqueminha” para relacionar as distâncias e alturas, que eu descobri a resposta (ALUNO D).

No término do roteiro da atividade foram acrescentadas questões investigativas sobre a atividade, a fim de procurar entender como os alunos se sentiram durante a sua realização e o que poderia ser modificado. As perguntas realizadas foram: Você gostou da proposta desta atividade prática? Por quê? A estrutura deste “roteiro” de laboratório lhe chamou atenção? Por quê? Avalie o que poderia ser mudado nesta proposta de atividade para torná-la mais (ou, ainda mais) interessante.

Todos os alunos que participaram da atividade destacaram que ficaram satisfeitos com a proposta. Mas, destacaram suas dificuldades com um roteiro aberto, no qual as etapas não eram explicitadas, conforme mostram os relatos:

Esse roteiro é muito diferente dos roteiros que a gente costumava trabalhar. No início foi difícil. Tivemos que pesquisar para responder às questões, mas foi divertido. Cada um fez a sua parte direitinho (...). Acho que ele [o roteiro] poderia ter mais “passo a passo” de como fazer a câmara escura. Mas foi legal a experiência (ALUNO E).

Sempre fomos acostumados a ler o texto e encontrar as respostas para as atividades. E dessa vez tivemos que pesquisar mesmo. Foi muito legal trabalhar assim! Os grupos se ajudaram e, aquilo que um não conseguia fazer, o outro ajudava (ALUNO F).

Acho que a parte mais difícil do roteiro foi não ter um passo a passo. Mas com a ajuda dos integrantes dos grupos e esclarecimentos de dúvidas com a professora, se tornou mais fácil. Deve ser uma questão de se acostumar. Talvez eu mudaria isso, mas se mudasse, de repente, eu não teria aprendido tanto. Tive que ir atrás para procurar as minhas dúvidas e respostas. Isso foi bom (ALUNO G).

Além dos pontos de partida focados na abordagem da teoria das IM, citados anteriormente, a atividade de não apresentar um roteiro “passo a passo” também foi um diferencial nesta atividade, caracterizando-a como uma ação pedagógica para despertar o uso das múltiplas inteligências dos alunos.

Conforme Moraes e colaboradores (2004, p. 93), “o processo de complexificação do conhecimento está além da sala de aula”, mas é na sala de aula que se deve procurar dar os primeiros passos. O professor não deve se preocupar em dar todas as respostas. Ao contrário, deve se preocupar em tornar seus alunos

autônomos, para que sozinhos cheguem aos resultados, busquem, pesquisem sobre suas dúvidas e encontrem as respostas.

Segundo Moraes, Ramos e Galiazzi (2004) as aprendizagens ocorrem a partir da participação direta do aluno nas atividades propostas pelo professor. É por acreditar nesse pressuposto e na ideia de tirar o aluno da sua zona de conforto, que se priorizou a utilização de um roteiro aberto. Dessa forma, acredita-se que o sujeito vai se impregnando com o objeto de estudo, e a qualquer momento pode voltar a pensar sobre o assunto e estabelecer relações, ampliando a complexidade do seu conhecimento, se tornando capaz de falar, escrever e argumentar melhor sobre isso (MORAES; RAMOS; GALIAZZI, 2004).

4.2.4 Jogo dos erros e brincando com espelhos

O epistemólogo Feyerabend (1977) tinha por costume não definir a palavra conhecimento. Apenas se referia a ele como sendo vasto e ilimitado, destacando que todos os caminhos levam ao seu encontro.

No contexto do estudo da Óptica os professores predominantemente focam no seu aspecto geométrico, transformando os conceitos e procedimentos em representações geométricas da luz, entes abstratos e estáticos (KAMINSK, 1989). Perpetua-se a ideia de uma sequência que, a rigor, se não seguida, não capacita o aluno a compreender os fenômenos.

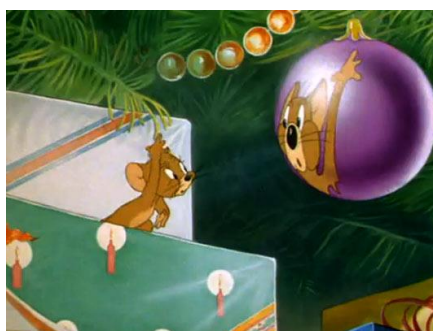
Os problemas são, em geral, apresentados numa ordem sequencial, onde reflexão, refração, lentes e espelhos não aparecem ligados a um mesmo fenômeno físico e representam cada um por sua vez, um fenômeno ou evento distinto, com características próprias e específicas. Na verdade, o que se apresenta é um conjunto de regras; estuda-se as definições de raio e de feixe de luz, fontes, princípios de propagação, etc, passa-se, então, para os espelhos (planos, curvos) e assim por diante, até chegar às lentes e, Reflexão, Refração, Lentes, quando muito, tratam de aparelhos em que estas são usadas e dos problemas da visão, mas tudo de forma segmentada, sem apelo efetivo para a natureza da luz e sobre o processo da visão. O objetivo da aprendizagem acaba sendo a medida de ângulos, a memorização de regras e a aplicação de fórmulas e princípios da trigonometria. A luz, nesse contexto, passa quase despercebida, com respeito as suas características e propriedades intrínsecas. Também se fala em construção, formação de imagens, mas o observador não aparece ou não é destacado (GIRCOREANO; PACCA, 2001, p. 28-29).

As atividades “Jogo dos erros” e “Brincando com espelhos” foram escolhidas para abordar a Óptica geométrica. A primeira, “Jogo dos erros”, consistiu em analisar

trechos de filmes, desenhos e séries que apresentem erros relacionados à formação de imagens em superfícies espelhadas, especialmente, superfícies esféricas.

Um exemplo utilizado foi o episódio especial de Natal do desenho animado “*Tom & Jerry*”, onde rato *Jerry* vê sua imagem projetada na bola de natal que enfeitam a árvore. A imagem observada deveria ser menor que o objeto e direita, assim, caracterizando as características de uma imagem formada em uma superfície espelhada convexa, aqui representada pela superfície da bola (Figura 13).

Figura 13 – Cena do desenho animado “*Tom & Jerry*” – Especial de Natal.



Fonte: <<http://www.grandesfilmes.com.br/2010/11/curta-o-curta-tom-jerryvespera-de.html>>

Na segunda atividade, “Brincando com espelhos”, foram apresentados para os alunos, um periscópio, uma colher e dois espelhos planos que podiam ser movimentados, de tal forma que se pudesse variar o ângulo entre eles (Figura 14).

Figura 14 – Alguns dos materiais utilizados na atividade brincando com espelhos.



As demonstrações, tanto nos vídeos, quanto dos materiais desta atividade, geralmente são utilizadas como recurso para representar algumas das aplicações dos espelhos. Na proposta deste trabalho, elas foram escolhidas para propiciar o entendimento da formação de imagens nos espelhos, onde a luz é tratada como um raio geométrico.

Não se condena a ação da abordagem da luz como uma representação geométrica, tampouco as regras que são utilizadas para explicar a formação das imagens e suas diferenças. Ao contrário, acredita-se que o tratamento geométrico que se dá à luz é fundamental para o entendimento desses processos. Porém, é importante mostrar ao aluno essas regras em funcionamento, sem esquecer de destacar o papel do observador.

Os alunos apresentam grande dificuldade em conceber uma imagem que não está na posição do objeto e conceber seres e objetos como fontes secundárias de luz (...). A geometria espacial onde entram planos e retas com suas propriedades é fundamental para trabalhar com a Óptica de modo significativo. O processo da visão é relevante e deve ser levado em conta, pois é a partir do que vê que o aluno vai interpretar os fenômenos. Não devemos esquecer que o olho é um sistema refringente e sensor; a imagem é resultado da sensibilização desse sensor. Devemos analisar concomitantemente a luz e o processo de visão (GIRCOREANO; PACCA, 2001, p. 38).

Foi possível observar que os alunos não compreendem o fato de alguém que não está posicionado totalmente de frente para o espelho, conseguir observar a imagem. Tal fato se dá porque, para essa explicação é necessário uma abordagem que contemple a geometria espacial, mas o que se faz, na maioria das vezes, é desenhar no quadro negro, lousa ou papel, representando apenas a geometria plana. Entes geométricos relacionados à reflexão e refração, tais como “a reta normal”, são conceituados sem que se leve em consideração o espaço tridimensional, dificultando o entendimento do aluno (GIRCOREANO; PACCA, 2001).

A ação pedagógica se concretizou no momento em que as atividades foram utilizadas para confrontar as ideias que os alunos manifestaram nos mapas conceituais (APÊNDICE A). Por exemplo, a formação de imagens pelos espelhos não envolvia o processo da visão nos mapas iniciais. Alguns mapas conceituais manifestaram a ideia de que superfícies de fundo escuro, em contato com a água são capazes de refletir imagens. Porém, nas frases de ligação das palavras chave e discurso dos alunos (APÊNDICE B), era evidenciado que essa capacidade pertencia aos espelhos.

Para identificar os erros nas imagens que apareciam nas cenas dos desenhos animados, foram utilizadas as superfícies refletoras de colheres. Como explicar a diferença das imagens formadas nas superfícies interna e externa da colher? Para

isso, é necessário o conhecimento dos elementos dos espelhos circulares, abordados na Óptica geométrica. A parte interna da colher pode ser entendida como um espelho côncavo e a parte externa, um espelho convexo.

Ao se observar na colher, a diferença das imagens formadas nas partes interna e externa causam surpresa nos alunos: “Nunca pensei que uma colher fosse como um espelho. É incrível a diferença da imagem formada na parte interna e externa (Aluno H)”.

É importante lembrar que, não é a surpresa provocada por esta atividade (Jogo dos erros) que faz dela uma ação pedagógica com foco na abordagem da teoria das IM. Além de fazer uso de pelo menos quatro dos sete pontos de partida sugeridos por Gardner (2001) – Estético, Lógico, Quantitativo/numérico e Social – ela busca despertar o uso das habilidades relacionadas às inteligências Lógico-matemática, Naturalista e Pessoal.

Abaixo, foi transcrito o relato de dois alunos que evidencia o uso da lógica (manifestação da inteligência Lógico-matemática), o reconhecimento de padrões que diferenciam as imagens na parte externa e interna da colher (manifestação da inteligência Naturalista) e o uso das inteligências intra e interpessoais (Pessoal):

A imagem na parte externa da colher é sempre pequena. Não importa se eu me afasto ou me aproximo dela. Na parte interna, é sempre de cabeça para baixo e o tamanho varia conforme a distância que estou da colher. Se a colher é como um espelho convexo e côncavo, as imagens nos espelhos convexos vão ser sempre menores e nos côncavos, parte de dentro da colher, vão depender da distância (ALUNO H).

Além desta conclusão, os alunos mostraram estabelecer relações entre a imagem vista pelo rato “Jerry” na bola de Natal e as imagens na colher:

A bola de natal é como a parte externa da colher, convexa. No desenho a imagem é mostrada esticada. Mas, nas coisas que refletem a luz, com formato convexo, as imagens são sempre pequenas. Então esse é o erro (ALUNO I).

A ideia de que somente os espelhos refletem imagens foi substituída pela noção de que outros objetos refletem luz e por isso vemos imagens na sua superfície. Além disso, essas imagens dependem da característica da superfície.

Na atividade “Brincando com os espelhos” ocorreu uma atenção maior aos espelhos planos. Os alunos precisavam explicar como era possível que o periscópio

lhes mostrasse o que estava acima das superfícies. A seguir está transcrito um diálogo entre o aluno e o professor.

Aluno J - Deve ter um espelho aí que fica refletindo a imagem.
Professor - E como você acha que é a posição desse espelho?(Professor)
Aluno J - Acho que o espelho está virado lá para o lado onde está o que eu vejo.
Professor - E como explica esse espelho refletir o que está através da mesa?

Diante dessa pergunta, a primeira ação dos alunos foi pegar um espelho e posicionar atrás da mesa, da mesma forma que o periscópio estava posicionado. Não conseguindo obter o mesmo efeito do periscópio, admitiram que, provavelmente haveria outra explicação. Nesse momento, eles foram encorajados, pelo professor, a descobrir como funcionava o dispositivo. Após muitas tentativas no posicionamento dos espelhos, um dos alunos que apenas observava, se manifestou. Esse diálogo é transcrito abaixo:

Aluno L - Acho que os espelhos estão voltados um para o outro. A luz que está entrando pelos buracos na caixa, passa pelos espelhos, é refletida, um no outro e aí eu posso ver o que está além da mesa. Quando eu olho pelo buraco na caixa, enxergo essa imagem.
Professor - E se eu desligar as lâmpadas do ambiente?
Aluno L - Nós não vamos mais ver. É que nem quando é noite e termina a luz... Não vemos nada dentro de casa! Se não tiver nenhuma 'luzinha' na sala, nossos olhos não vão enxergar.

Segundo Salvador (1994, *apud*. SMOLE, 2000, p. 194), quem determina, com sua atuação, que as atividades propostas possibilitem maior, ou menor amplitude de significados construídos e, sobretudo, construção do conhecimento, é o professor. Independente da área de atuação, o professor deve ter consciência da diversidade e combinação das inteligências individuais dos alunos, conhecer essas inteligências e suas manifestações. Sentir-se responsável por buscar alternativas, além dos livros didáticos e listas de exercícios para favorecer a aprendizagem (SMOLE, 2000) é o primeiro passo para trabalhar a abordagem da teoria das IM na sala de aula. Não são as atividades que tornam possível o uso da teoria das IM na sala de aula, mas as ações do professor. Assim, o questionamento permanente do professor, evitando dar respostas, sempre questionando os alunos e utilizando situações que confrontem as suas ideias, possibilita a ampliação de seus conhecimentos.

4.2.5 Decompondo a luz branca

Com um experimento relativamente simples, utilizando um prisma de quartzo e um feixe da luz solar, em uma sala escura, Newton mostrou que a luz branca era uma combinação de cores (Figura 15), caracterizando-a como policromática. Além disso, mostrou que, se combinasse dois prismas alinhados, em sequência, a luz branca, inicialmente decomposta em cores, voltava a se compor na cor branca.

Figura 15 - Experimento realizado por Newton.



Fonte: <<http://www.fisica-interessante.com/fisica-ondas-cores.html>>

Esse fenômeno é possível quando a luz passa por meios com índice de refração diferentes. O experimento realizado por Newton pode ser recriado com um prisma de quartzo. Na ausência deste prisma, existem outros materiais que permitem efeito semelhante, como a face de um disco CD (Figura 16) - embora o fenômeno não seja o mesmo.

Figura 16 - Decomposição da luz branca na superfície de um CD.



A atividade “Decompondo a luz branca” consistiu na confecção de um espectrômetro caseiro para observar o espectro de lâmpadas e verificar a decomposição da luz. Para esta atividade, os alunos precisaram de uma caixa pequena (creme dental, adoçante, biscoito ou cereais), fita isolante e um CD usado.

O primeiro passo foi construir o espectrômetro, um dispositivo que permite visualizar o espectro emitido pelas lâmpadas. Para isso, os alunos receberam instruções (orais) do professor⁸. Após as instruções, o dispositivo (Figura 17) foi direcionado para uma lâmpada de luz branca e para uma lâmpada verde para observar o espectro de ambas.

Figura 17 - Espectrômetro caseiro.



O objetivo era que os alunos, além de identificar as cores relatadas no experimento de Newton equivalente à decomposição da luz branca, identificassem a diferença observada, através do espectrômetro, com a lâmpada verde.

É uma característica das lâmpadas monocromáticas que, em seu espectro, vejamos a emissão apenas do comprimento de onda (cor) referente à sua frequência. Porém, a lâmpada verde utilizada nesse experimento não era uma lâmpada monocromática verde, mas sim uma lâmpada branca, cujo bulbo era pintado de verde. Assim, seu espectro apresenta diversos comprimentos de onda.

Esta atividade contemplou os pontos de partida: Mão na massa, Estético, Lógico, Fundamental/existencial e Social. Acredita-se que, a observação do espectro

⁸ As instruções sobre a construção do dispositivo foram retiradas do site *Science in School*. Disponível em: < <http://www.scienceinschool.org/2007/issue4/spectrometer/portuguese>>.

da luz branca (decomposição da luz branca) propicia ao aluno, no ensino de Óptica, o uso das inteligências: Naturalista, Lógico matemática, Físico cinestésica e Linguística.

A primeira reação dos alunos foi procurar explicar o fato dos espectros emitidos pelas lâmpadas serem iguais se elas eram diferentes (uma branca e outra verde). O interesse em entender os fatos, buscar um “por quê”, trocar ideias com outros colegas, procurar nos livros e internet, são manifestações da inteligência Naturalista que, quando analisada sob a ótica das Ciências da Natureza (área curricular onde se insere a disciplina de Física), nos remete às formulações de hipóteses, trocas de ideias e a busca do aperfeiçoamento destas ideias (CAMPBELL *et al.*, 2000).

Na sequência, os alunos fazem uso de silogismos para tentar obter uma explicação:

Silogismo 5: *“A lâmpada branca emite as sete cores.*

A lâmpada verde emite as sete cores.

As lâmpadas sempre emitem as setes cores.”

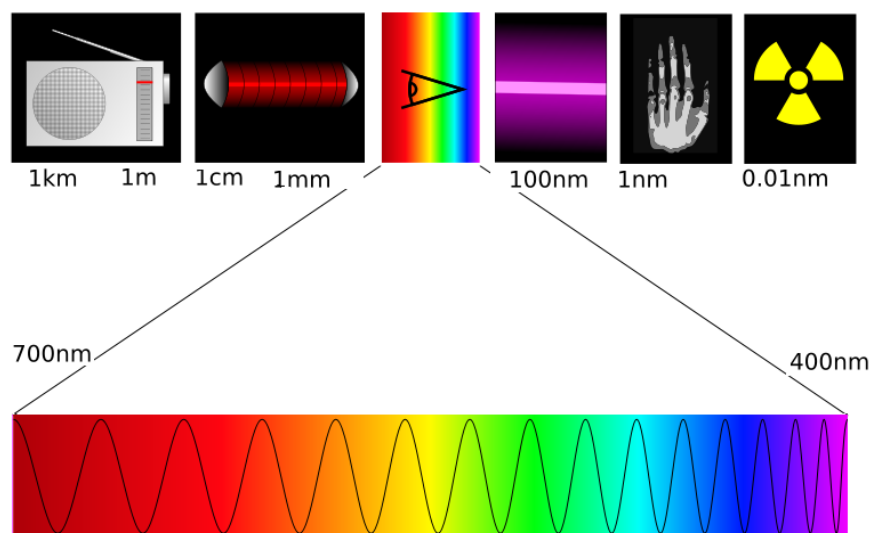
Silogismo 6: *“A lâmpada branca emite as sete cores.*

A lâmpada verde emite as sete cores.

As lâmpadas são iguais porque emitem as mesmas cores.”

A lâmpada branca emite o espectro correspondente à radiação visível (Figura 18), onde se observam os comprimentos de ondas que correspondem aos diferentes valores de frequência. Uma lâmpada monocromática verde, por exemplo, emite os comprimentos de onda correspondentes a esta faixa de cor..

Figura 18 - Espectro correspondente à luz branca.



Fonte: <<http://www.fisica-interessante.com/fisica-ondas-cores.html>>

De fato, a lâmpada verde usada para o experimento, emitia um espectro muito semelhante ao da lâmpada branca. Como a lâmpada verde era apenas pintada, os comprimentos de onda emitidos produzem um espectro contínuo com diferenças imperceptíveis em relação ao espectro de uma lâmpada branca, no espectrômetro utilizado no experimento

A diferenciação do espectro de uma lâmpada monocromática para uma lâmpada branca pode ser demonstrada com o auxílio dos dois tipos de lâmpadas. Porém, o aluno não enfrentaria um problema, e sim, apenas confirmaria a teoria exposta pelo professor.

Moraes, Ramos e Galiuzzi (2004, p. 101) defendem que “o conhecimento em processo necessita ser submetido ao grupo da sala de aula – alunos e professor – para que seja validado.” Expondo seus argumentos para o grupo, o aluno consolida seu conhecimento.

A manifestação da inteligência Linguística se deu no momento em que os alunos precisaram dialogar fazendo da linguagem uma ferramenta para expor as ideias, procurando organizá-las, trocando informações e buscando embasamento teórico para melhorar os argumentos. A seguir, um parágrafo do texto elaborado por um grupo de alunos respondendo à seguinte questão: “Por que os espectros das lâmpadas eram iguais se elas eram, aparentemente, diferentes?”:

Texto 1: *“A lâmpada verde está pintada. Mas por baixo dessa tinta é uma lâmpada branca comum. Se é uma lâmpada branca comum, o espectro de cores dela vai ser visto igual ao da outra lâmpada branca, sem que a cor da tinta faça alguma interferência. Desta forma, concluímos que a lâmpada verde não é realmente uma lâmpada verde. É uma lâmpada branca, disfarçada”.*

Trocar ideias, buscar informações e formular argumentos são necessários para desenvolver o aprendizado. Mas não devemos esquecer que o discurso escrito desenvolve uma linguagem sofisticada que tende a contribuir para o desenvolvimento dos conceitos científicos (MORAES, RAMOS E GALIAZZI, 2004). e contribuindo para o uso da inteligência Linguística.

Na Física, a Linguística pode ser exercitada quando se favorece a elaboração de um texto que utilize uma linguagem sofisticada, envolvendo determinados conceitos para explicar um problema, como por exemplo, o espectro das lâmpadas branca e verde. Após nova discussão e consulta bibliográfica, os grupos reelaboraram os seus textos usando apenas as anotações e discussões realizadas durante esse processo. Abaixo, é possível observar uma evolução nos conceitos apresentados anteriormente no texto 1:

Texto 1 (reelaborado): *“A lâmpada verde é uma lâmpada branca pintada. Se a lâmpada verde fosse monocromática, ela emitiria somente uma cor do espectro. Nesse caso seria o verde. Como é uma lâmpada branca comum, o espectro de cores emitido é o espectro que corresponde à luz branca. As cores que compõem a luz branca são comprimentos de onda diferentes. As lâmpadas monocromáticas emitem apenas um desses comprimentos e essa cor é vista se olharmos pelo espectrômetro. Como as cores vistas nas lâmpadas são iguais e correspondem ao espectro da luz branca, concluímos que ambas são brancas”.*

É importante destacar que esse é apenas um exemplo de como o problema pode ser resolvido, mas existem outras formas e cabe ao professor escolher aquela que melhor se adapta ao perfil dos alunos e condições do ambiente escolar.

O incentivo do uso da inteligência Físico cinestésica se insere nesta atividade, onde os alunos e também o professor, manipulando sucatas, são capazes de compor objetos que são fundamentais para solucionar problemas e buscar explicações. “Esses objetos constituem-se em uma dimensão tátil às aulas” (CAMPBELL *et al.*, 2000, p. 88). Ao observar uma lâmpada ligada, não vemos o espectro que ela emite. No entanto, os livros mostram o espectro. O uso do

espectrômetro tornou concreta a visualização do espectro da luz branca, tornando-o “táctil” e não uma citação ou uma imagem dos livros.

A frase a seguir, escrita por um aluno, revela o encantamento com a compreensão da decomposição da luz, após a atividade.

Que coisa incrível é essa luz, cuja verdadeira identidade foge aos nossos olhos. Quem diria que por baixo de uma única cor se esconderiam tantas outras (ALUNO M).

4.2.6 Seja Monet por um dia

“Todos nós somos artistas”, mas precisamos de estímulos que nos encorajem e valorizem nosso trabalho e nossas habilidades artísticas. Na escola, tais habilidades, relacionadas à inteligência espacial, costumam ser restritas à disciplina de Artes. No ensino de Física tradicional, usualmente as atividades contemplam apenas o uso da lógica e da matemática, dificilmente buscando intersecção com as Artes.

Assim, de forma a desenvolver uma ação pedagógica que estimulasse inteligências normalmente associadas às Artes (espacial e pessoal) e a inteligência naturalista, foi desenvolvida uma atividade denominada “Seja Monet por um dia”.

Campbell *et al.* (2000, p. 103) citam, pelo menos, doze possíveis expressões da inteligência espacial bem desenvolvida, que permitem reconhecê-la:

1. Aprender através da observação e reconhecimento de formas, objetos e detalhes.
2. Ter facilidade em movimentar-se em espaços, dirigir um automóvel no tráfego, encontrar saídas em florestas e bosques sem auxílio de um guia ou trilha.
3. Produzir imagens mentais, organizar pensamentos e recordar informações através de imagens e visualizar de detalhes.
4. Aprender por meio de representações gráficas, meios visuais, tabelas, diagramas e mapas.
5. Gostar de reproduzir objetos através de pinturas, desenhos, esculturas ou rabiscos.
6. Construir produtos tridimensionais (origamis, por exemplo), ser capaz de transformar, reorganizar e visualizar, mentalmente, objetos e espaços.

7. Ver coisas sob “novas perspectivas”, detectar forma “ocultas” em outras.
8. “Perceber padrões óbvios e sutis”.
9. Criar representações concretas ou visuais da informação.
10. Ter facilidade e compreensão rápida das projeções representativas ou abstratas.
11. Expressar interesse e aptidão para profissões que exijam habilidades visuais e artísticas (fotografia, arquiteto, piloto, *designer*, crítico de arte, etc.).
12. Se mostrar um criador de obras de artes originais ou novas formas visuoespaciais.

Os mapas conceituais elaborados pelos alunos (APÊNDICE A) mostraram a familiaridade que têm com o reconhecimento da formação de sombras quando a luz interage com os objetos. O discurso (APÊNDICE B) mostrou que existe uma divisão de opiniões entre aqueles que acreditam nas cores como resultado da interação da luz com os objetos e aqueles que acreditam que isso não tem sentido algum. A atividade “Seja Monet por um dia” procurou explorar esses aspectos da inteligência espacial, fazendo uso do contexto em que se inseriu o movimento artístico do Impressionismo (século XIX): artistas como Monet, Renoir e Degas, se dedicaram a mostrar, em suas obras, os efeitos da interação da luz nas paisagens e objetos.

Explorando o ponto de partida “Narrativo”, foi apresentado aos alunos um breve relato sobre o Impressionismo e as mudanças que esse movimento artístico trouxe nas obras da sua época. Para essa introdução, foram utilizados cerca de quinze minutos iniciais da aula, onde se fez uso da galeria *Google Art Project*⁹ para visualizar as obras impressionistas. Para conhecer o contexto na qual elas se inseriam, fez-se uso da matéria “Uso da luz e das cores pelos impressionistas” escrita por Maria José Spiteri, publicada na Revista Nova Escola¹⁰.

O impressionismo expressa a relação entre a visão e a luz e as cores num determinado instante. Ele surgiu na tentativa de retratar, com a máxima fidelidade, a

⁹ A galeria Google Art Project é um acervo de obras artísticas onde, além de visualizar as obras em imagens de alta definição, é possível dar zoom e observar com clareza os detalhes desejados. Trata-se de um recurso *on line*, disponível em: <<http://www.google.com/culturalinstitute/project/art-project?hl=pt-br>>.

¹⁰ Matéria disponível em: <<http://revistaescola.abril.com.br/ensino-medio/plano-de-luz-arte-uso-luz-cores-pelos-impressionistas-700371.shtml>>

percepção da realidade. Por volta de 1840, com o surgimento da fotografia, esta preocupação se tornou maior. A preocupação em retratar a realidade aumentou e com ela, a expressão das cores, não somente na arte, mas principalmente na Ciência. Nessa época, as fotografias eram monocromáticas e muitos estudos eram dedicados aos fenômenos luminosos e sua relação com a nossa percepção das cores. Por volta da metade do século XIX, surgiram artistas que se arriscaram mostrando em suas obras as cores do mundo. Monet apresenta a influência da luz na paisagem era tamanha ao pintar o mesmo local em diferentes horas do dia, mostrando diferentes resultados.

Para a atividade, os alunos foram reunidos em um grande círculo, de forma a se estender por toda a sala. No centro do círculo foi colocada uma mesa coberta por um tecido branco, sob a qual havia alguns objetos: um vaso de flores, uma bola de tênis, uma folha de papel branco, copo de plástico translúcido, uma vela acesa, um recipiente de plástico opaco branco com uma tampa verde, canetas e lápis coloridos. Em uma das paredes da sala foi colocada, na mesma altura da mesa, uma fonte luminosa produzida por um projetor. Antes de iniciar a atividade, os alunos receberam lápis de cor, lápis preto (tipo B), canetas coloridas, giz de cera de várias cores, pincéis, tintas guache nas cores primárias e folha branca. Receberam a instrução de que, assim que a luz da sala fosse desligada, a fonte luminosa que estava direcionada para a mesa no centro do círculo, seria ligada e eles deveriam reproduzir, no papel, o que estavam vendo.

A seguir, as figuras de 19 à 22 mostram as obras produzidas pelos alunos posicionados nos quatro quadrantes do círculo. Para entender essas posições, adotamos como referência a localização da fonte luminosa em relação ao aluno: atrás, à frente, à esquerda e à direita.

Figura 19 – Obra produzida por aluno com a fonte luminosa localizada à sua frente.

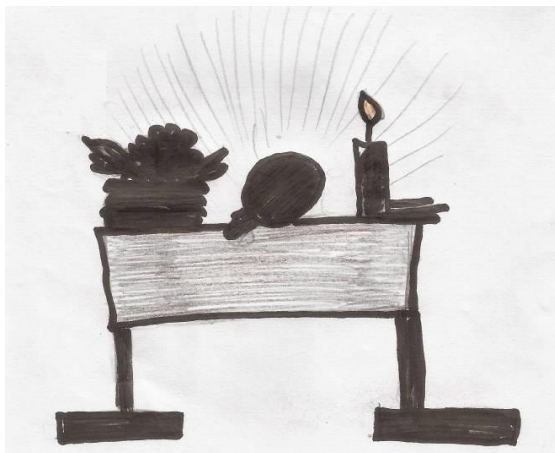


Figura 20 – Obra produzida por aluno com a fonte luminosa localizada às suas costas.



Figura 21 – Obra produzida por aluno com a fonte luminosa localizada à sua direita



Figura 22 – Obra produzida por aluno com a fonte luminosa localizada à sua esquerda



Após todos concluírem as obras, as lâmpadas da sala de aula foram ligadas e os alunos foram convidados a mostrar suas produções para os colegas analisarem. Muitos alunos ficaram espantados com as diferenças entre as obras produzidas por aqueles que estavam em diferentes posições do quadrante do círculo. A partir deste ponto, iniciou-se um questionamento que permitiu investigar novamente suas ideias para explicar o que estava acontecendo, bem como, iniciar o assunto da interação da luz com a matéria.

A primeira pergunta realizada aos alunos foi “Como vocês explicariam as diferenças encontradas nas quatro obras?” Todos os alunos responderam que as diferenças se davam por causa da posição na qual eles estavam sentados observando os objetos.

Na sequência, foi solicitado que explicassem como essa posição influenciava na observação dos objetos. Todos os alunos responderam que a luz era responsável pelo resultado nas obras. Quando solicitado que explicassem de que forma a luz atuava nos objetos para ocasionar as diferenças observadas nas obras, os alunos se depararam com a primeira confrontação: a investigação das ideias sobre a natureza da luz, realizada na primeira aula, mostrou que para a grande maioria, a luz era uma fonte luminosa artificial/natural ou era uma forma de energia (calor, radiação vinda do sol, por exemplo), mas essas ideias não explicavam como a luz interagia com os objetos.

A seguir, temos a segunda confrontação: a luz é uma radiação que em contato com nossos olhos permite ver cores e formas, mas não explica porque cada aluno produziu uma representação diferente. Finalmente, temos a terceira confrontação: a luz é uma energia que ao interagir com os objetos forma sombras ou reflete, e essa talvez seja a ideia que melhor explique a distinção entre os objetos. Porém, não ela consegue explicar de que forma a posição do observador influencia, tão pouco como a sombra ou a reflexão são frutos da interação da luz com os objetos.

A atividade “Seja Monet por um dia” foi elaborada para abordar os fenômenos luminosos que ocorrem quando a luz interage com diferentes meios (opacos, transparentes, translúcidos e absorventes), provocando confrontações com as ideias dos alunos. Os questionamentos internos, que envolvem o uso das habilidades que compreendem a inteligência pessoal, ocorreram, pois além de elaborar as suas hipóteses, cada aluno buscou a compreensão das ideias apresentadas no grande grupo e procurou uma conciliação entre ambas.

Segundo Smole (2000):

A produção, a composição de uma obra deve exigir do artista que ele tenha constantemente imagens na cabeça e monitore essas imagens, combinando-as com as percepções que tem do meio físico, como se o pensamento visual exercesse plenamente sua capacidade de tornar visível uma observação (SMOLE, 2000, p. 40).

Durante a realização da atividade, cada aluno precisou observar a realidade apresentada em seu espaço, projetar os detalhes mentalmente e reproduzi-los no papel. Para isso, cada um necessitou usar suas habilidades da percepção, visualização e criação, habilidades compreendidas na inteligência Espacial. Além disso, é necessário reconhecer os padrões que existem na realidade que lhe é apresentada. Nesse caso, os padrões esperados foram aqueles relacionados ao resultado da interação da luz com os objetos e a posição do observador, como sombras, cores e reflexões detalhadas nas obras, de forma semelhante aos artistas impressionistas.

Dos pontos de partida propostos por Gardner (2001), a atividade explora principalmente o “Estético”, talvez o mais difícil de ser abordado no ensino de Física, por se tratar de um aspecto mais valorizado nas Artes. Tradicionalmente, nas aulas de Física, o aluno se preocupa mais em decorar equações do que explicar os

fenômenos. Outro ponto de partida explorado nessa atividade é aquele que Gardner (2001) se refere como “Mão na Massa”. Esse é um ponto abordado, geralmente nas aulas experimentais de Física, quando planejadas pelo professor. Embora o termo se relacione, em sua origem francesa, com o uso da experimentação no ambiente escolar, na abordagem da teoria das IM, ela está relacionada à ação de construir e/ou produzir, seja um experimento ou uma obra artística. Aqui, esse ponto de partida foi explorado na construção das obras artísticas pelos alunos.

Outro aspecto importante desta atividade está relacionada ao estímulo da inteligência Físico cinestésica. Campbell *et al.* (2000, p. 78), traçam uma lista das possíveis qualidades táteis-cinestésicas que envolvem a inteligência Físico cinestésica, das quais, destacamos quatro que estão compreendidas nessa:

1. Preferência por tocar, manejar ou manipular o que será aprendido.
2. Preferência por envolvimento direto com a atividade, pois se lembra, com maior clareza, daquilo que foi feito, dito ou observado.
3. Goste de experiências com atividades concretas.
4. Demonstre equilíbrio, graça, destreza e precisão nas tarefas físicas.

4.2.7 Diário Lunar

Em 1609, Galileu fez as primeiras observações com sua luneta e revelou, através de desenhos, uma das mais significativas descobertas da época que foi publicada na obra “*Sidereus Nuncio*”: a Lua possui relevo acidentado com montanhas e vales, semelhantes aos da Terra. Ainda que indiretamente, essa revelação poderia confirmar a formulação da teoria heliocêntrica de Copérnico (1473-1543), de que a Terra não era o centro do universo, mas sim, um planeta que orbitava em torno do Sol, assim como os demais (CONDÉ, 1999).

Galileu não era um artista, mas fez uso do desenho para expressar a sua ciência. Esse físico, matemático, astrônomo e filósofo, é conhecido, por muitos, como o pai da ciência moderna, pois foi o primeiro a combinar a experimentação com as formulações matemáticas, lógicas e teóricas¹¹. Isso mostra que,

¹¹ Fonte: **Galileu e o nascimento da ciência moderna.** Disponível em: <http://efisica.if.usp.br/mecanica/curioso/historia/galileu/>.

possivelmente, além de possuir as inteligências Naturalista e Lógico-matemática, bem desenvolvidas, a Espacial, igualmente, se fazia presente.

Em suas obras, Galileu costumava representar nos desenhos suas percepções do mundo e suas observações científicas. Talvez esse fosse um recurso utilizado para atingir não somente aqueles que conheciam a fundo as equações, lógicas e teorias. Pode-se dizer que, esses desenhos, representam o que Gardner (1994) considera uma “rota secundária”: uma espécie de caminho percorrido pelo aluno, por meio de uma inteligência que esteja em evidência em seu espectro. Smole, (2000, p. 53) afirma que, o professor deve auxiliar o aluno a buscar essas rotas secundárias, entendendo que nem todos possuem as inteligências linguística e/ou lógico-matemática melhor desenvolvidas.

Assim, partindo do pressuposto de que “o desenho é uma forma de raciocinar sobre o papel” (STEINBERG,1978), foi desenvolvida o “Diário Lunar”. Acreditamos, assim como Smole (2000, p. 41), que o desenho é exercício da inteligência humana. O ato de desenhar exige poder de decisão e, ao desenhar, o artista se apropria do objeto, revelando-o.

A ação pedagógica “Diário Lunar” foi proposta para propiciar ao aluno a busca de suas rotas secundárias para expressar seu conhecimento. A tarefa consistiu em observar a Lua, ao longo do período de um mês, sempre no mesmo horário, desenhando o maior número possível de detalhes. Foi solicitado que, além desses desenhos, os alunos realizassem uma pesquisa sobre o astro, sobre as dúvidas que surgiram durante as observações. As observações iniciaram na semana em que a Lua estava na fase cheia. A cada semana, os primeiros 10 ou 15 minutos das aulas eram destinados para o relato dos alunos sobre esta experiência de observação da Lua.

No primeiro encontro, os primeiros relatos sobre a atividade centravam-se nas condições de observação do céu (nublado, encoberto, limpo, chuvoso), dificuldades em encontrar uma boa localização na residência para fazer as observações e, quando necessário, convencer os pais/responsáveis de que se tratava de uma tarefa escolar. Os relatos a seguir mostram essas dificuldades.

Moro num lugar onde tem um morro enorme no lado que a lua nasce. Tenho que observar a lua sempre mais tarde. No primeiro dia precisei dar muitas explicações para a minha mãe. Ela brigou comigo porque eram nove horas da noite e eu saí para fora. Mas aí eu expliquei que era uma tarefa e o que tinha que fazer. Acho que ela entendeu (ALUNO N).

Eu moro em um condomínio com muitos prédios. Comecei a olhar a lua desde o primeiro dia que a tarefa foi pedida, mas não achava ela no céu. No terceiro dia, eu estava com uns amigos no quiosque, mais ou menos no mesmo horário que eu procurava a lua, e finalmente enxerguei! Percebi que o problema era onde minha janela estava localizada [riso]. Agora eu vou todas as noites até o quiosque para fazer as observações, mas meu pai vai comigo. Ele tem medo que eu fique lá sozinha (ALUNO O).

Poucos alunos se dedicaram a observar a lua no horário do seu nascimento, no caso, às 18h, que corresponde ao nascimento do astro na fase cheia. Possivelmente, isso ocorreu por não ter sido definido um horário para as observações. Porém, aqueles que fizeram observações quando a Lua surgia no céu não deixaram de se manifestar:

Eu vi a Lua muito próxima do horizonte. Muito próxima mesmo! Estava linda! Muito maior do que de costume. O diâmetro era muito maior do que quando a vejo no alto do céu. A sensação que eu tive é que estava muito mais perto de nós do que de costume (ALUNO P).

Pressupondo que esse poderia ser um dos aspectos levantados pela turma, nesse dia eles a aula foi iniciada com a leitura do artigo científico “A ilusão sobre o tamanho da Lua no horizonte” (SILVEIRA; MEDEIROS, 2006)¹². Embora muitos afirmem que o tamanho aparente da Lua ocorra por causa da refração da luz na atmosfera, segundo Silveira e Medeiros (2006), é um problema que não se relaciona à refração da luz, mas trata-se de uma ilusão que a psicologia da percepção ainda não conseguiu esclarecer. Nessa aula, foram abordadas as diferenças entre a reflexão e refração da luz

Na semana seguinte, antes mesmo do encontro na sala de aula, os alunos estavam no corredor com uma dúvida unânime: não conseguiram ver a Lua no horário de costume e gostariam de saber se a observação poderia ser em outro horário. A resposta foi afirmativa, mas foram informados de que no próximo encontro eles deveriam ter uma explicação para não ter conseguido ver a Lua naquele horário. A proposta da observação no mesmo horário teve como propósito, fazer com que os alunos pesquisassem, além dos aspectos geográficos (localização), a compreensão do movimento astronômico e a interação da luz com a face lunar, que remete às fases da Lua.

¹² Artigo disponível em: < <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num2/v13a12.pdf> >.

O movimento de rotação da Lua dura aproximadamente 29,5 dias. Durante esse período, um observador na Terra verá as fases da Lua, que representam o quanto sua face iluminada pelo Sol está voltada para este observador. A cada semana, temos uma mudança significativa na posição da Lua em torno do planeta. Tendo mudado sua posição, considerando que a localização do observador na Terra é sempre a mesma, ele verá o nascimento da Lua cada vez mais cedo ou mais tarde¹³.

No segundo encontro os alunos relataram a sua experiência sobre a mudança do horário de observação. Porém, revelaram que não fizeram pesquisa para saber a explicação desse fato. No terceiro encontro, a situação mudou: os alunos estavam intrigados, pois haviam ficado alguns dias sem ver a Lua, “esperando ela aparecer”, até às dez horas da noite. Quando foram indagados sobre as pesquisas a respeito da posição da Lua, vieram os relatos:

Não estava mais conseguindo ver a Lua no horário que eu observei na semana passada. Conte para meus pais que não estava mais conseguindo fazer o trabalho e poderia “ir mal em Física”. Até que, numa manhã, antes da minha mãe sair para trabalhar, ela olhou pela janela e me disse ‘aí está a Lua’. Eram 6h30min. Não acreditei. Conte para os meus colegas quando cheguei na escola. O pior é que vimos a Lua a manhã toda no céu. Quando cheguei em casa, assim que almocei, fui pesquisar. E não é que tem Lua durante o dia?! Eu notava que a cada dia parecia que ela estava em posições diferentes. Até que não consegui mais ver ela. Fui na internet para achar a explicação. Descobri que por causa do movimento de rotação da Lua, a cada semana vemos uma fase diferente e que, dependendo do lugar que ela está no espaço, ao redor da Terra, a fase é vista durante o dia. A Lua minguante, por exemplo, que era justamente a fase que eu estava tentando observar, mas como eram no máximo dez ou onze horas, ela ainda não tinha nascido (ALUNO Q).

Segundo Moraes, Ramos e Galiazzi (2004), a problematização do conhecimento provoca a busca pelo novo. O aluno tem consciência de que seus argumentos são frágeis para explicar e argumentar sobre determinados fatos. Não ter argumentos suficientemente convincentes para ajudá-lo a explicar um

¹³ Estudos sobre as concepções astronômicas dos alunos em relação às fases da Lua (Piaget, 1933; Sadler, 1987; Baxter, 1989, Vosniadou e Brewer, 1994; Samarapungavan, 1996; Hawks e Diakidoy, 1997) mostram que eles atribuem o aparecimento do astro somente à noite. Para eles, não é possível observar a lua durante o dia. Desta forma, quando solicitado para que se façam observações da lua, é provável que sejam realizadas no anoitecer. Porém, dependendo da fase lunar, se faz necessário que essa observação seja no início da manhã ou entre o fim da noite e início da madrugada, como a fase minguante, que nasce à meia noite e se põe às 12h.

determinado fenômeno, em uma atividade mediada pelo professor, pode gerar uma angústia que promove a busca desses argumentos.

No terceiro encontro, os relatos mostravam a autonomia desenvolvida pelos alunos:

Semana passada não vimos a Lua no céu, mas, como da última vez eu já tinha lido muito sobre as fases da Lua, vi que a fase nova acontece quando a Lua e o Sol nascem e se põe praticamente ao mesmo tempo, quer dizer, no mesmo horário. Por isso não a vemos (ALUNO Q).

À medida que os alunos vivenciam novas experiências, tornam-se autônomos para avançar no seu conhecimento, buscando maior complexidade (MORAES, RAMOS; GALIAZZI, 2004),

No último encontro, a grande questão em debate foi a “lua amarela”:

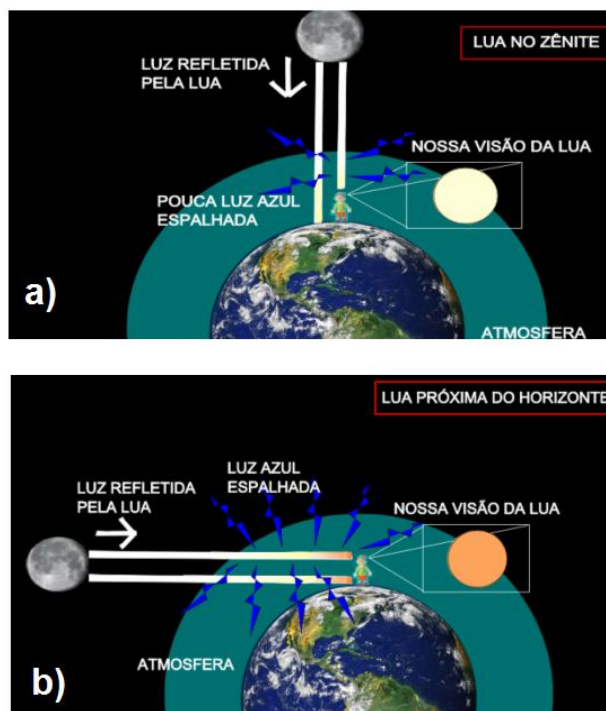
Incrível! Uma Lua crescente amarela! Lua cheia amarela eu já tinha visto, mas crescente: nunca! Cheguei a ligar para minha prima que mora em outro bairro para ver se ela também estava vendo a Lua amarela. Pensei que poderia ser alguma coisa relacionada ao lugar onde eu estava. Até achei que fosse um eclipse, mas aí, lembrei que estudamos que os eclipses totais da Lua ocorrem somente na fase cheia e ela fica avermelhada (ALUNO P).

A oportunidade permitiu que nesse momento pudesse ser abordada a dispersão da luz. A “Lua amarela” é resultado da dispersão da luz solar refletida pela Lua, durante o seu nascimento. Quando próxima do horizonte, o caminho que a luz percorre até os olhos do observador é maior do que quando está no zênite (altura acima da cabeça do observador) (Figura 23).

A luz solar branca, ao atravessar a atmosfera terrestre, entra em contato com as moléculas dos gases (oxigênio, nitrogênio e hidrogênio) que compõe o ar, fazendo as cores (comprimentos de onda) de maior frequência e menor comprimento de onda (violeta, índigo, azul e verde) se dissipem (espalhem) com facilidade, de tal forma que se tornam quase imperceptíveis ao olho do observador. Como resultado temos a percepção das cores amarelo, laranja e vermelho (comprimentos de ondas maiores) que juntas, dão o tom amarelado visto na Lua próxima ao horizonte¹⁴.

¹⁴ Fonte: disponível em: <http://super.abril.com.br/tecnologia/lua-fica-amarelada-vez-quando-446030.shtml>

Figura 23 – Caminho que a luz refletida pela lua percorre até o observador quando esta está no zênite (a) e quando está no horizonte (b).



(Representações fora de escala)

Fonte: Marinho, S. **Mistérios da Lua**. Observatório Astronômico Frei Rosário (OAFR) – UFMG, 2009. Disponível em: <http://www.observatorio.ufmg.br/dicas12.htm>

Da mesma forma que a ação pedagógica “Seja Monet por um dia”, a ação pedagógica “Diário Lunar” contemplou as inteligências Espacial, Naturalista e pessoal. Apesar de inicialmente parecer um simples registro das fases da Lua, ao longo dos encontros, a discussão serviu para mediar diversos temas abordados em sala de aula. Além de abordarmos as fases da Lua (fenômeno astronômico causado pela interação da luz com o astro em uma determinada posição), foi possível trabalhar noções de reflexão, que foram fundamentais para explicar as cores dos objetos, bem como a refração e dispersão da luz.

Esta atividade, assim como as demais propostas, não representam inovações no ensino de Física. São atividades encontradas na literatura. Seus diferenciais estão na mediação do professor, o seu olhar sobre elas. Desenhar as fases da Lua, aparentemente, uma atividade simples, pode se transformar em uma grande ação pedagógica, capaz de guiar o professor em distintos temas em muitas aulas. Para isso, o professor deve estar atento ao que pensam os seus alunos.

A abordagem na teoria das IM implica em conhecer as ideias dos alunos (conhecimentos prévios) e mostrar alternativas para aprimorar essas ideias

(GARDNER, 2001). Nesse trajeto, o aluno deve sempre ser incentivado a usar suas habilidades, seja no desenho, na música, na dramaturgia, na lógica, linguística ou na organização de pensamentos em diagramas (SMOLE, 2000). Toda e qualquer habilidade do aluno deve ser valorizada na escola e na sala de aula (GARDNER, 2010).

4.3 Análise das ações pedagógicas para o aprendizado da Óptica.

Smole (2000, p. 62) destaca que a Matemática costuma ser trabalhada na escola infantil tendo como base que a criança só aprende exercitando determinadas habilidades ou ouvindo informações do professor. Existe uma preocupação em se transmitir noções numéricas, exigir domínio dessas noções e conhecimento das figuras geométricas. Tal ação leva à concepção de que o conhecimento matemático se dá apenas com explicações claras e precisas. Trata-se de um treino para ter respostas corretas.

No Ensino Médio, especialmente nas aulas que compreendem as Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Química, Biologia e Física), esse cenário se repete. Pouco se leva em consideração a bagagem de conhecimento que o aluno traz de sua infância e do ensino fundamental. O professor, em geral, está mais preocupado em repassar o maior número possível de informações sobre a sua disciplina, do que conduzir o aluno a refletir sobre os fenômenos em estudo.

Para La Rosa (2004, p. 15), a aprendizagem é crucial e fundamental à sobrevivência dos grupos na sociedade. Ela pode ocorrer a partir de circunstâncias diversas, como por exemplo, ler um livro, em uma aula, a partir da realização de um trabalho escolar, em situações informais ou ações planejadas. Todas as aprendizagens são importantes, mas aquelas que, de certa forma modificam o indivíduo, são mais relevantes.

Para Zanella (2004, p. 24-25), é através da aprendizagem que o homem muda e transforma o mundo. Trata-se de um processo que tem início no nascimento e se encerra somente com a morte. Pode ocorrer no contexto informal, na busca por novas experiências e na sala de aula.

Os processos físicos e psicológicos no homem são dinâmicos, estão reestruturando-se continuamente. Com o aprendizado, ocorre o mesmo e ele

acontece sempre que houver uma motivação para aprender (ZANELLA, 2004, p. 27-28).

Os estímulos visuais melhoram o ensino, pois tornam mais claros os conceitos que os professores explicam. Eles proporcionam aos alunos meios visuais para compreenderem e comunicarem o que aprendem caracterizando um aprendizado (CAMPBELL *et al*, 2000).

As ações pedagógicas desenvolvidas nas atividades propostas para o ensino de Óptica procuraram contemplar os pontos de partidas elaborados por Gardner (2001) para abordar a Teoria das IM no ambiente escolar. Esses pontos de partida não se referem cada um a uma inteligência específica do espectro. Pelo contrário, com um ou mais pontos de partida, é possível estimular uma combinação de inteligências para solucionar um problema e propiciar o aprendizado. Com base nesses pressupostos, buscou-se uma correlação entre esses pontos de partida e ações a ser desenvolvidas pelo professor, a fim de transformar atividades já existentes, no ensino de Óptica, bem como, propor novas atividades, na busca de uma complexificação do conhecimento do aluno, contemplando suas múltiplas inteligências.

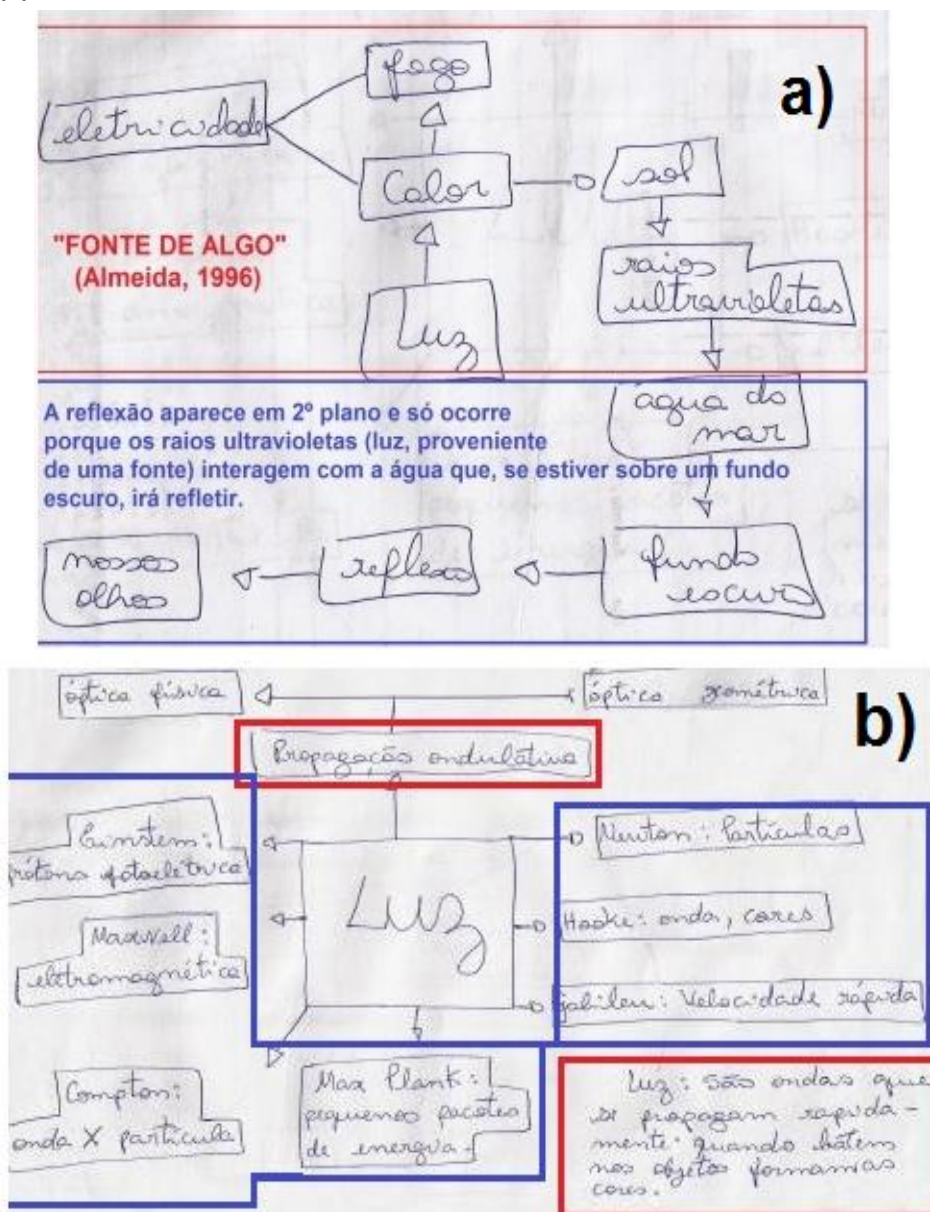
Inicialmente, se fez uma investigação das ideias prévias dos alunos sobre a natureza da luz. Foram identificadas as seguintes ideias: (1) Forma de energia; (2) Fonte de energia; (3) Radiação; (4) Interação; (5) Significado mítico; (6) Reação química.

Na sequência, os alunos participaram das atividades e ações pedagógicas (re) elaboradas com base nos pontos de partida da Teoria das IM, com a finalidade de estimular as inteligências dos alunos e propiciar a complexificação do seu conhecimento inicial sobre a natureza da luz.

Para evidenciar a complexificação dos conhecimentos, os alunos foram reunidos nos grupos que trabalharam na primeira aula de Óptica, onde construíram os mapas conceituais, analisando-os e receberam a tarefa de refazê-los. Em caso de não sugerirem mudanças, deveriam apenas justificar com argumentos escritos.

A figura 24 mostra uma comparação entre os dois mapas conceituais produzidos por um dos grupos dos alunos (Grupo1), que evidencia esta complexificação dos conhecimentos. Os mapas possuem anotações da autora, que evidenciam e comentam alguns aspectos.

Figura 24 - Complexificação das ideias dos alunos (Grupo 1) – Evidência I, antes (a) e depois (b)



Inicialmente, este grupo apresentava a luz relacionada à reflexão de imagens na água, mas a ideia central no mapa conceitual estava relacionada à natureza da luz proveniente de uma fonte natural, o Sol. Observando o novo mapa conceitual, percebe-se que os alunos adotaram os dois modelos: ondulatório e corpuscular. Porém, se posicionam, destacando, de forma geral: "Luz: são ondas que se propagam rapidamente. Quando batem nos objetos formam as cores".

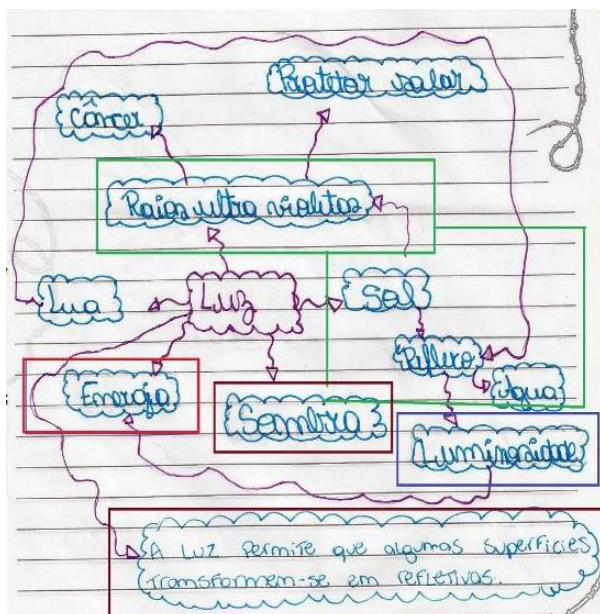
Na organização das ideias no mapa, os alunos destacam dois ramos de estudos na Óptica: a física e a geométrica. As teorias e/ou explicações para a natureza da luz são distinguidas, como uma categorização, apresentadas com uma ligação ao contexto histórico, particularmente aos respectivos cientistas. Esse contexto histórico foi abordado na segunda aula, na atividade Contos de Física. É provável que os alunos integrantes deste grupo gostem de aprender através de histórias e por isso, o ponto de partida Narrativo tenha se mostrado, de certa forma, mais significativo para o aprendizado deles.

O ponto de partida Fundamental/existencial, compreendido na atividade Contos de Física, por despertar no aluno reflexões internas e trocas/formulações de ideias, desenvolveu nos alunos a autonomia para explicar a natureza da luz do seu ponto de vista. Ainda que o mapa conceitual (Figura 24) mostre a compreensão da existência da teoria corpuscular e ondulatória da luz, assumindo as duas características, os alunos mostram um posicionamento tendencioso em favor do modelo ondulatório e passam a atribuir as cores ao contato dessas ondas com os objetos.

A seguir, a figura 25 mostra mais uma evidência da complexificação das ideias apresentadas nos mapas conceituais de outro grupo (Grupo 3), produzido após as atividades. Os mapas possuem anotações da autora, que evidenciam e comentam alguns aspectos.

O mapa conceitual produzido após a atividade traz, com maior clareza, a complexificação das ideias iniciais dos alunos. A ideia *Fonte de Energia* que se refere à natureza da luz como uma “fonte de energia artificial ou natural”, agora é agregada, mostrando que a luz do Sol é uma fonte de energia natural vital para os seres vivos, fundamental para diversos processos como, por exemplo, a fotossíntese e a purificação do ar.

Figura 25 - Complexificação das ideias dos alunos (Grupo 3) – Evidência II, antes (a) e depois (b).

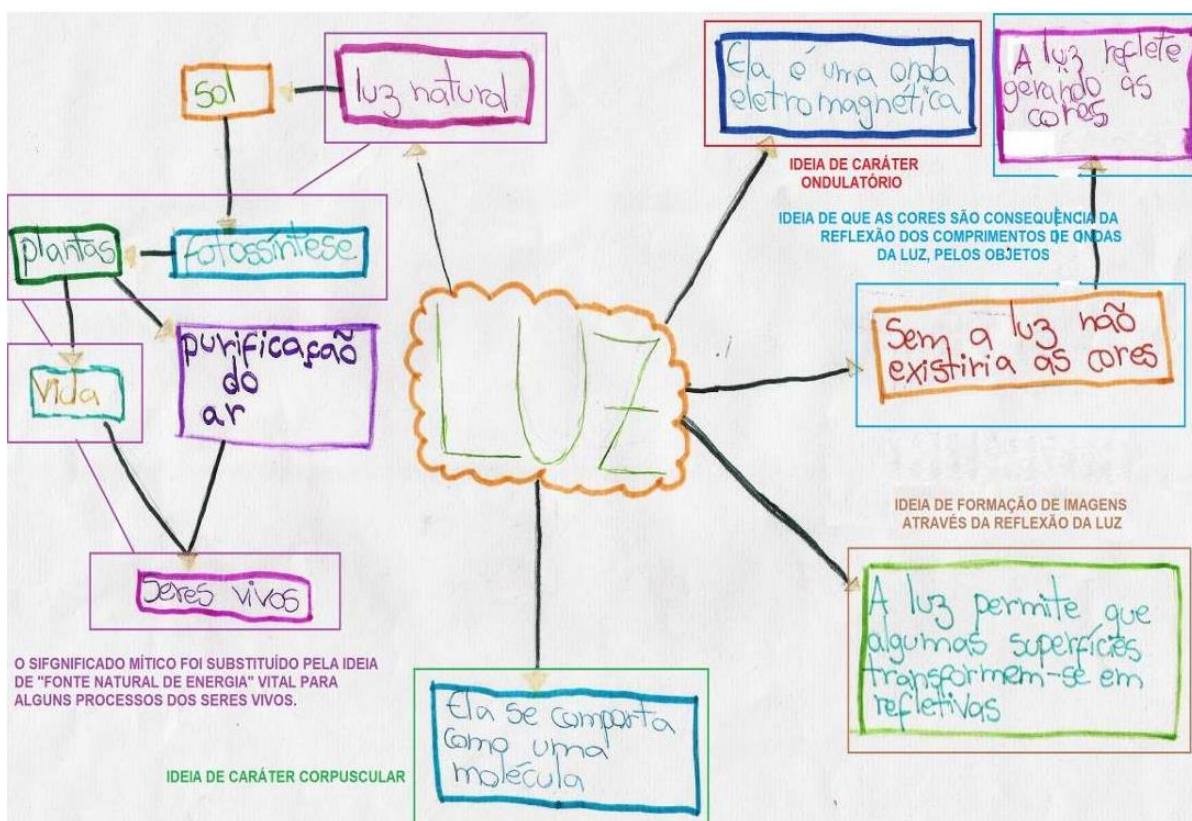


a)

É atribuída à Luz a capacidade de transformar algumas superfícies em refletoras.

Percebe-se que existe uma noção da interação da luz com os objetos, pois se destaca a relação da luz com a sombra e luminosidade.

Resumo : " uma energia capaz de gerar luminosidade que, conforme a interação com os objetos, pode formar sombra ou gerar reflexão".



b)

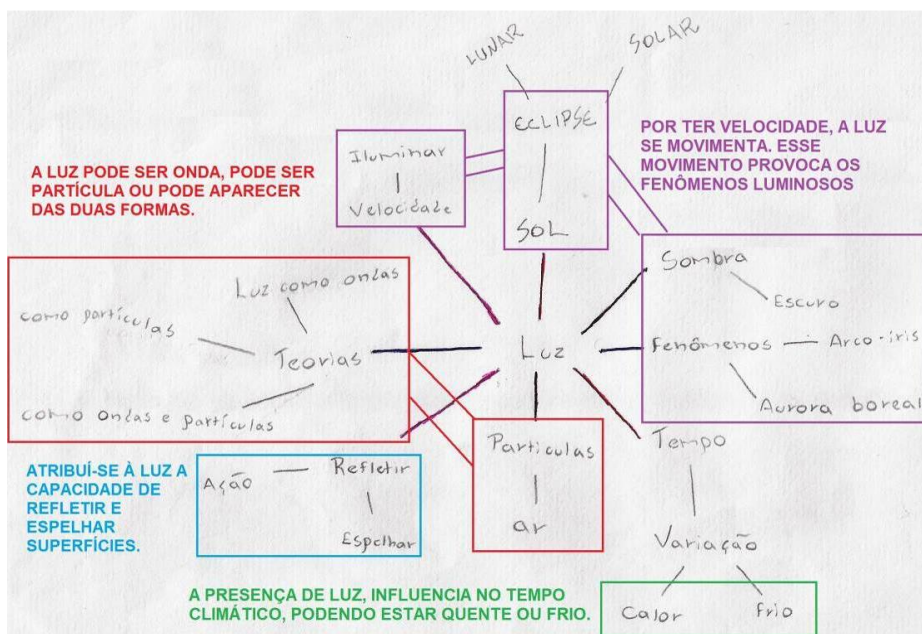
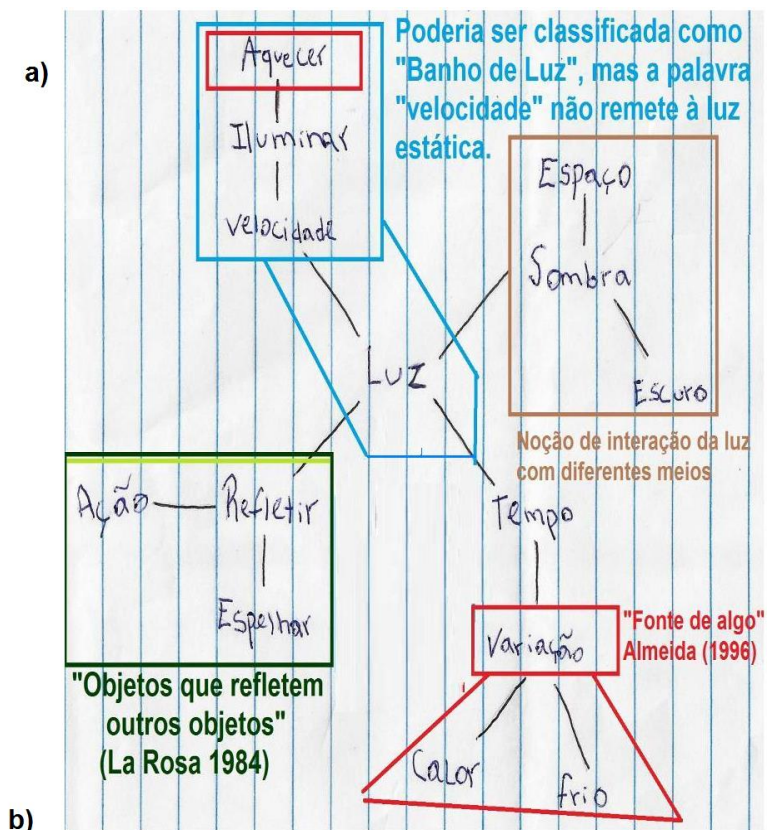
As ideias *Radiação e Interação*, se fundem no novo mapa, agregando à luz a ideia de uma radiação (onda eletromagnética) que interage com os objetos transformando algumas superfícies refletoras de imagens e proporcionando a visualização das cores. Porém, apesar da ideia da importância do olho do observador não estar evidente no mapa, ela aparece no discurso dos alunos durante a apresentação:

Colocamos que sem a luz não existiriam as cores. Mas na verdade, acho que as cores existiriam. A questão toda está em como as observamos. Isso não vai depender só do material refletir as ondas ou não. Se esse material estiver no escuro, por exemplo, eu não consigo ver a cor dele, mas ele continua tendo cor. Então é algo que também depende do nosso olho... Tipo o esquema lá da Lua amarela. (ALUNO Q).

Observa-se, no discurso do aluno, que existe uma relação entre a visão e a reflexão dos comprimentos de ondas que proporcionam a visualização das cores dos objetos. Desta forma, podemos considerar que as ideias *Radiação e Interação* foram unificadas, gerando uma nova ideia complexificada.

Outra evidência de complexificação das ideias dos alunos aparece, na página seguinte, nos mapas conceituais do Grupo 2 (Figura 26). Da mesma forma que o Grupo 3 (Figura 25), este grupo traz a ideia de que “a luz se comporta como uma molécula ou partícula”. Esta ideia não aparecia nos mapas conceituais iniciais. Segundo o dicionário Michaelis, molécula é um “é a menor partícula dos compostos ou dos elementos simples”. Ao categorizar a luz como sendo capaz de se comportar como uma molécula, os alunos, de certa forma, atribuem uma natureza corpuscular (partícula) à luz. Entretanto, ao também categorizar a luz como uma onda eletromagnética (caráter ondulatório), esses alunos assumem que a luz pode ser uma onda e/ou partícula.

Figura 26 - Complexificação das ideias dos alunos (Grupo 2) – Evidência III, antes (a) e depois (b).

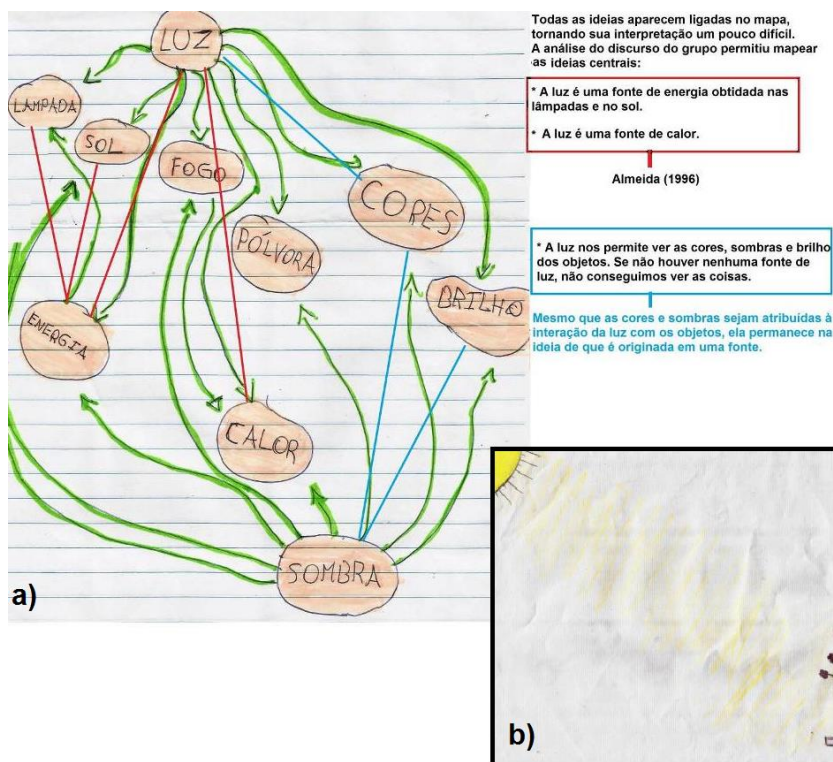


Observou-se que não foi possível identificar qual das atividades, especificamente, contribuiu mais para a complexificação das ideias apresentadas nos mapas conceituais das figuras 25 e 26. Porém, as palavras chave destes mapas conceituais foram organizadas de forma categorizada, a fim de sintetizar, de forma mais clara, o raciocínio. O estímulo ao raciocínio e reelaboração de ideias remetem ao ponto de partida Fundamental/existencial, fortemente relacionado à inteligência Pessoal.

Segundo Gardner (2001), o ponto de partida Fundamental/existencial se destina aos alunos que gostam de filosofar, dissertar sobre questões fundamentais e elaborar suas próprias ideias. Assim, as evidências mostram que as atividades propostas que envolvem este ponto de partida, colaboraram de forma significativa para a complexificação das ideias desses alunos.

A figura 27 apresenta um exemplo de uma grande modificação da forma de representação de um grupo de alunos (Grupo 7) para expressar as novas ideias sobre a luz após o desenvolvimento das atividades.

Figura 27 - Complexificação das ideias dos alunos (Grupo 7) - Evidência IV, antes (a) e depois (b).



É notável a influência que a atividade “Seja Monet por um dia” teve sobre os integrantes desse grupo. Durante a apresentação da obra, os alunos foram convidados a explicá-la. Abaixo, seguem os relatos de alguns integrantes do grupo:

Nós íamos fazer um mapa, mas da outra vez já fizemos e encontramos muita dificuldade. Não temos muita habilidade em organizar as ideias nas palavras chaves. Fizemos um desenho mostrando a situação semelhante da atividade do Monet. A luz solar, se propaga, como onda. Interage com os objetos podendo atravessá-los ou não. Quando atravessa, é porque o meio é translúcido ou transparente. Mas não é o caso do vaso, que é opaco. Assim, a luz bate nele e ilumina somente a parte onde tem o contato direto. Isso forma a sombra (ALUNO B).

Também tem a questão das cores dos objetos, mas não representamos no desenho. Poderíamos ter desenhado alguém vendo o vaso de flor estando de frente para o Sol... Ele não conseguiria ver as cores que realmente o vaso reflete (ALUNO R).

Neste caso, observa-se que o grupo assume que o desenho representa uma vivência importante para a complexificação de suas ideias. Esta decisão implica em que há necessidade de uma explicação aos colegas sobre o desenho. Na fala dos alunos, surgem novas ideias e relações sobre os fenômenos relacionados com a luz.

“O desenho é uma representação do real” (SMOLE, 2000, p. 87). Ele pode ser entendido como uma linguagem que amplia os horizontes do aluno, permitindo que ele expresse seus sentimentos nas imagens que, de alguma forma puderam chegar à sua consciência. É como se a criança pensasse em um objeto e, através de uma representação gráfica, contasse como esse objeto é na sua imaginação (VYGOTSKY, 1990). Segundo Smole (2000), desenhar exige que se percebam detalhes, registrando o maior número de informações possíveis. Quanto maior a percepção espacial, maior será, no desenho, a projeção do espaço vivido pela criança.

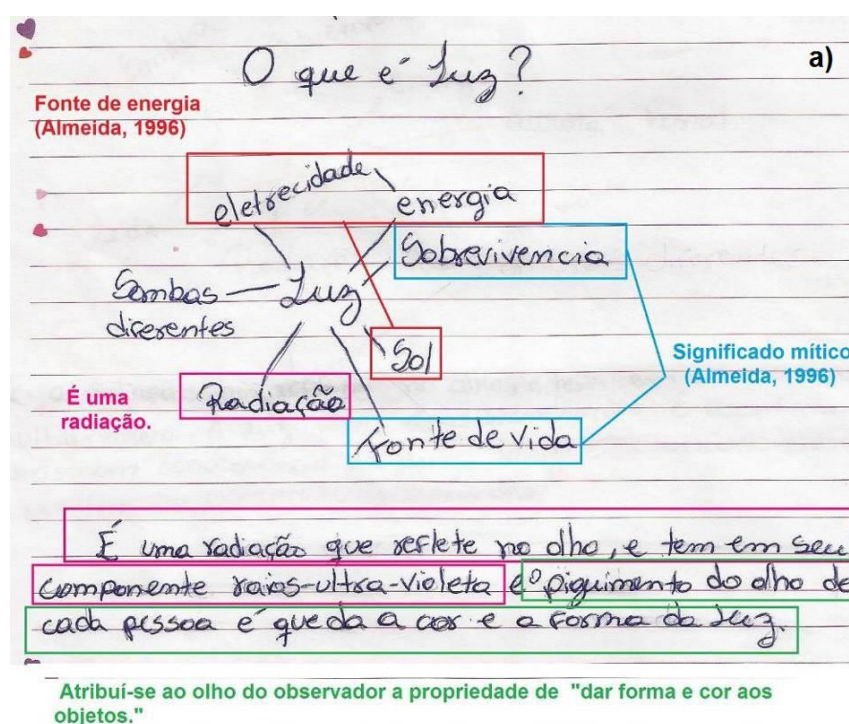
A representação por meio do desenho da figura 27 mostra que os alunos deste grupo foram mais atingidos pelas atividades que enfatizam o ponto de partida Estético. Este ponto de partida está destinado àqueles que são inspirados pelas artes e procuram nesta expressar todo o seu pensamento e ideias sobre determinado assunto. Para isso, é necessário conhecer o mundo a sua volta, compreender os fenômenos em questão e ter habilidade para expressá-los através de representações pictóricas. Assim, ao propiciarmos para o aluno uma atividade

que o levou a fazer uso do desenho para expressar suas ideias, estimulamos sua inteligência Espacial.

Para Smole (2000), o desenho estaria associado a uma nova componente do espectro de inteligências que seria a Pictórica. Porém, Gardner, autor da teoria das IM, até então, não se manifestou quanto a esta suposta inteligência. O trabalho desenvolvido pela autora se deu com crianças na faixa etária até os 7 anos. Para Gardner (1999) essa é a fase que ele costuma chamar de “Idade de ouro do desenho”, onde a criança costuma representar seu pensamento e suas respostas através das imagens. Porém, com o passar dos anos, essa característica, a menos que seja realmente estimulada no âmbito familiar, se perde e a criança passa a compreender, com o avanço da idade escolar, que a linguística ou a música, por exemplo, são áreas que podem sintetizar melhor seus pensamentos e sentimentos.

Mesmo com as evidências anteriores de complexificação do conhecimento, nem todas as ideias dos alunos apresentaram mudanças após a realização de todas as atividades. A figura 28 mostra as representações das ideias do Grupo 14 e a persistência de algumas ideias sobre a natureza da luz, tais como o *Significado mítico* e *Forma de energia*.

Figura 28 - Representação das ideias do Grupo 14, evidenciando a resistência do Significado mítico e Forma de Energia – Antes (a) e depois (b).





A ideia que atribui à natureza da luz significados míticos foi detalhada por Almeida (1996). Nesse contexto, os alunos descrevem a luz como “vida”, “paz”, “Deus” e “Sobrevivência”. Note que, mesmo com a complexificação das ideias iniciais, tais como, “luz são ondas eletromagnéticas que tem componentes diferenciados”, os alunos não conseguem estabelecer relações entre conceitos e fenômenos. Tal resistência pode ser entendida como um obstáculo epistemológico.

Bachelard (2005, p. 19) caracteriza um obstáculo epistemológico como algo que “se incrusta no conhecimento não questionado” e que dificulta a evolução do conhecimento científico. Entende-se que neste caso, o significado mítico, muitas vezes oriundo da mídia ou concepções religiosas, represente um senso comum perante o conhecimento científico.

Outro aspecto que poderia ser caracterizado como um obstáculo epistemológico não superado pelo grupo, em relação ao conteúdo de Óptica, seria em relação às cores, por exemplo, admitir que os objetos “tenham cores porque absorvem ou refletem determinados comprimentos de onda da luz visível”. Esta dificuldade está presente na maioria dos grupos.

Embora os mapas conceituais, obras e textos dos alunos mostrem a compreensão de que a cor está relacionada com a luz, eles não fazem uma referência científica sobre como ocorre o processo de produção e visualização das cores. Apenas descrevem que a interação da luz com os objetos permite “que eles tenham cores”.

Esta dificuldade aparece no texto apresentado na figura 29, onde o Grupo 5 descreve que as cores dos objetos são provenientes da interação da luz com os

objetos e, a seguir, fazem um comentário no qual afirmam que apenas a luz “dá cor aos objetos”, contradizendo a afirmação anterior:

Figura 29 – Texto do Grupo 5 com contradições internas sobre a ideia das cores.

Luz

Embora tenhamos aprendido muitas outras coisas sobre o que é a luz, acho que minha teoria que inclui elementos químicos não está muito longe/diferente da realidade.

Eu fiz outra ideia de como surgia essa luminosidade e então eu aprendi como isso acontece. A luz se propaga através de ondas magnéticas que vão se instalando e dando cores aos objetos, sim a luz é que dá cor ao objeto, dependendo das cores que ele já possui.

Vi também que existem vários tipos de iluminação e que essas são utilizadas no nosso dia-a-dia em coisas simples e não simples.

A luz pode ser natural ou artificial.

Então ainda há muitas coisas para se aprender e pesquisas.

RESISTÊNCIA DA IDEIA DE QUE A LUZ É COMPOSTA POR ELEMENTOS QUÍMICOS.

A LUZ SE PROPAGA COMO ONDAS QUE SE "INSTALAM" (NOÇÃO DE BANHO DE LUZ) E DÃO CORES AOS OBJETOS.

A LUZ É QUE DÁ COR AO OBJETO E ISSO DEPENDE DA COR QUE ELA DÁ AO OBJETO NA INTERAÇÃO E DA COR QUE O OBJETO POSSUI.

FONTE DE LUZ NATURAL E ARTIFICIAL

Nesse grupo, a luz é apresentada como ondas que se espalham e interagem com os objetos formando as cores. O aluno entende que as cores dos objetos são decorrentes da interação da luz. Mas no seu texto, determina que a cor “dada” pela luz dependerá da cor que objeto já possui. Ou seja, esta é uma representação clara de um obstáculo epistemológico. É provável que, a ideia de reflexão e absorção dos comprimentos de ondas não tenham ficado bem entendidos e, se faz necessário repensar atividades e/ou outras ações pedagógicas que melhor trabalhem esse obstáculo.

Para este mesmo grupo (Figura 29), observa-se que algumas ideias são persistentes, tais como a luz como *Reação química* e *Fonte de energia*. Segundo Mortimer (1996), mesmo que ocorra uma transformação na ideia prévia do sujeito, de forma a torná-lo “um sujeito epistêmico”, extinguir a ideia prévia por completo é irreal e inútil, pois elas representam a linguagem cotidiana.

Retomando a contribuição das atividades e ações pedagógicas desenvolvidas para estimular as inteligências dos alunos, a fim de complexificar suas ideias prévias sobre a natureza da luz, na sequência, são apresentadas as novas ideias identificadas nos mapas conceituais, textos e obras artísticas dos alunos (APÊNDICE D), comprovando que houve um avanço:

T₁ – A luz é uma onda eletromagnética que se propaga, podendo formar sombras ou refletir imagens, dependendo do tipo de meio com que interage.

T₂ – A luz pode ser entendida tanto como onda, quanto como partícula.

T₃ – A luz é uma fonte de energia.

T₄ – A luz possui um significado mítico.

É importante destacar que, embora essas ideias tenham sido apresentadas separadamente, elas não representam um mapeamento de modelos individuais para representar a natureza da luz, pois são expressas em conjunto nos mapas, textos e obras analisados anteriormente, além dos materiais dos outros grupos (APÊNDICE D).

Observamos que houve avanços significativos em relação às ideias iniciais dos alunos. Agora, as conexões de palavras chave nos mapas, os desenhos e os textos dos alunos mostram que eles compreendem melhor a natureza da luz e caráter dual: onda e partícula. Porém, existe uma tendência em assumir, com maior facilidade, a ideia de que a luz é uma onda eletromagnética (modelo ondulatório). Estima-se que isso ocorra pelo fato de que, uma vez tendo estudado ondas eletromagnéticas anteriormente ao estudo da Óptica, os alunos têm maior familiaridade em explicá-las. Os fenômenos relacionados à luz, estudados no Ensino Médio, são mais facilmente compreendidos se adotarmos o modelo ondulatório da luz.

Ao término dos estudos sobre a natureza da luz e os fenômenos que ela compreende, os alunos propuseram a construção de *banners* para divulgar na escola aquilo que haviam aprendido. Esses banners foram elaborados por eles, tendo como base os assuntos abordados nas atividades realizadas em aula e no documentário Luz Fantástica, Episódio 3: a matéria da Luz, e Episódio 4: a Luz, o universo e tudo mais, produzidos pela BBC¹⁵.

¹⁵ Disponíveis, respectivamente, em:

www.youtube.com/?reload=2&rdm=115j4u6co#/watch?v=DWRGQPETSQA e
www.youtube.com/?reload=2&rdm=115j4u6co#/watch?v=MS9KT-VrIAI

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A teoria das IM, quando levada para sala de aula, tem por finalidade, despertar e estimular as inteligências dos alunos, bem como, torná-los autônomos no processo de criação. Se retomarmos os pilares nos quais a educação com foco na Teoria das IM, nas Filipinas, está sustentada, veremos que, “Capacidade, Caráter e Comunidade” referem-se ao desenvolvimento da autoestima do aluno, à divulgação do uso das inteligências de forma consistente, executando tarefas para ajudar o próximo, dentro do contexto cultural a que pertencem.

O espectro de inteligências, na sua totalidade, não foi estimulado com as ações pedagógicas e atividades propostas, embora se tenha procurado envolver o maior número possível de inteligências dentro da matemática Óptica. A inteligência Musical, uma das componentes do espectro, não foi abordada ao longo do trabalho com os alunos.

Segundo Gardner (2010), a inteligência musical geralmente é confundida com a capacidade de criar músicas com a matéria das disciplinas e fazê-los cantar. Tal ação se refere ao estímulo da Linguística e Físico cinestésica. A inteligência Musical se relaciona com os componentes da música. Por exemplo, um aluno pode aprender Matemática através da música, por meio da construção e leitura de partituras. No ensino de Física, tal inteligência poderia ser estimulada no estudo das Ondas, som e acústica, uma vez que, através da música, os alunos podem estudar todos os componentes e características das ondas e fenômenos da acústica.

De uma forma geral, no ensino de Física, as inteligências podem ser estimuladas levando em consideração suas características. A inteligência pessoal (intra e inter pessoal) são aquelas voltadas ao desenvolvimento de questionamentos internos e convívio com os demais. O professor pode avaliar como o aluno lida com situações de contraste entre opiniões, bem como, a capacidade de liderança dentro de um grupo, conseguindo contemplar a todos.

A inteligência Lógico matemática pode ser estimulada com atividades que avaliem as etapas do raciocínio matemático e lógico para solucionar problemas. A inteligência Físico cinestésica pode ser estimulada com atividades que avaliem a habilidade do aluno de desenvolver atividades experimentais e, principalmente, a

capacidade de construir e/ou inventar aparatos relacionados ao estudo em questão, mesmo com poucos recursos.

A inteligência Linguística pode ser estimulada com atividades que avaliem a capacidade de expressar de forma simples e clara, sua compreensão, fazendo uso de dramatizações e histórias em quadrinhos, entre outras. Além disso, a inteligência Linguística também pode ser estimulada com questões que provocam no aluno a necessidade de analisar um determinado problema, sustentando uma ideia com base nas teorias estudadas.

Por fim, a inteligência Naturalista, apesar de ser facilmente identificada nas áreas das Ciências Biológicas, pode ser estimulada na Física fazendo uso de atividades que provoquem no aluno o desejo de buscar soluções para problemas, desafios, pesquisas e reconhecimentos de padrões de unidades e medidas, por exemplo.

A partir de estudos bibliográficos, identificou-se que em Física, especialmente no ensino da Óptica, grande parte dos professores desenvolve o conteúdo abordando somente a Óptica geométrica, onde a luz é tratada como um raio geométrico, apresentando-se regras e suas aplicações em espelhos e lentes. Pouco se considera a percepção do aluno sobre a natureza da luz e a aplicabilidade do conteúdo da Óptica nas novas tecnologias, pois as atividades são restritas às listas de exercícios e memorização de regras. Tal contexto contrasta com estudos recentemente desenvolvidos na psicologia e na educação, que têm ganhado força defendendo o conhecimento prévio das ideias e a existência de diferentes inteligências, bem como sua importância quando utilizadas no contexto escolar.

Assumindo os pressupostos de Gardner apresentados na teoria das IM, de que o ser humano não aprende da mesma forma, nem tão pouco no mesmo tempo, e que possuímos um espectro de múltiplas capacidades intelectuais pouco exploradas no ambiente escolar (GARDNER, 2001) e refletindo sobre o contexto do ensino de Óptica, foram desenvolvidas atividades e ações pedagógicas, com base nos pontos de partida propostos pela Teoria das IM, para estimular múltiplas inteligências dos alunos, a fim de promover uma complexificação no seu aprendizado.

As ideias iniciais apresentadas pelos alunos sobre a natureza da luz foram muito semelhantes aquelas já publicadas em estudos anteriores: fonte de energia,

energia (ou radiação), banho de luz, significados míticos e atribuição de cores aos objetos.

A partir do mapeamento dessas ideias, atividades e ações pedagógicas, foram (re)elaboradas, com base nos pontos de partida propostos na Teoria das IM, promovendo uma abordagem pedagógica que buscou estimular as múltiplas inteligências dos alunos e a complexificação dessas ideias.

Verificou-se, a partir da análise das produções dos alunos, que as atividades e ações traçadas foram significativas, cumprindo seu objetivo. Durante as atividades, os alunos mostraram-se receptivos e reflexivos quanto ao conteúdo abordado, estabelecendo conexões entre suas ideias e fatos históricos, bem como, destacando a aplicação de determinados conteúdos no cotidiano.

Em relação ao estímulo das inteligências, foram identificadas algumas atividades e ações que apresentaram maior significado no aprendizado dos alunos, como a atividade “Seja Monet por um Dia” e “Diário Lunar”. Gardner (2001) propõe que os pontos de partida quando levados em consideração na prática pedagógica para uma abordagem da Teoria das IM na sala de aula, por si, já promovem conexões que estimulam as habilidades relacionadas à uma ou mais inteligências que compreendem o espectro.

Uma nova avaliação das ideias dos alunos sobre a natureza da luz permitiu a identificação de que, de fato, houve uma mudança conceitual significativa. As novas produções, em grande maioria, apresentaram a ideia de que a luz possui um caráter dual.

Observou-se, no entanto, que ainda houve resistência em modificar determinadas ideias, como o significado mítico da luz e representação sobre a produção e visualização das cores. Cabe lembrar, que não se pretendia mudar ou “destruir uma ideia”. Acreditamos que tal processo é inútil devido à familiaridade que as ideias prévias têm com as experiências diárias do indivíduo que, aparentemente, as confirmam (GIORDAN, 1996; MORTIMER, 1996; BONITO, 2010).

Verificou-se que as atividades promoveram não só a complexificação das ideias prévias, mas o desenvolvimento de autonomia nos alunos para se posicionarem quanto ao modelo que melhor satisfaz a compreensão dos fenômenos no dia a dia. Em grande maioria, os alunos posicionaram-se afirmando que a luz é uma onda eletromagnética e que ao interagir com diferentes meios é capaz de provocar diferentes fenômenos. Muitos desses fenômenos estão presentes no dia a

dia, tais como a formação das sombras e a visualização das cores dos objetos. Portanto, as atividades e ações propostas com base na teoria das IM cumpriram seu objetivo de ampliar o aprendizado dos alunos em Óptica.

Gardner (2000) afirma que é possível que nenhuma abordagem pedagógica isolada se mostre eficaz para a quantidade de habilidades e tópicos que compõe uma disciplina do currículo escolar. Porém, optar por uma abordagem na Teoria das IM pode ser útil para que o professor reflita sobre o que realmente é importante a ser ensinado e o que o aluno pode pesquisar.

Entende-se que o tempo disponibilizado para cada disciplina nas escolas e a exigência do cumprimento de prazos, muitas vezes, dificultam o trabalho do professor no sentido de priorizar determinados tópicos, a partir da reflexão do que realmente é importante ensinar em sua disciplina.

Não se pode ficar preso a um único método de ensino e perpetuá-lo no ambiente escolar. É preciso surpreender a cada dia, permitindo-se um “pluralismo metodológico”. Feyerabend (1977) referia-se ao método do “vale tudo”, como uma oposição quanto aos procedimentos metódicos e metodológicos seguidos a rigor pela Ciência racionalista. Quando levados para o contexto educacional, tal epistemologia anarquista nos permite compreender a escola como um ambiente em que se deve respeitar o conhecimento dos alunos e não somente priorizar o conhecimento dos livros didáticos. Expressa sua visão relativista quando afirma que o conhecimento é construído através de uma relação entre a pessoa e o seu contexto cultural.

As atividades e ações pedagógicas propostas neste trabalho não podem ser consideradas as únicas opções para se trabalhar o conteúdo de Óptica. Reconhece-se que elas poderiam, futuramente, sofrer modificações, bem como, novas atividades poderiam ser propostas.

Também se reconhece que, como qualquer atividade que vise atingir um grande número de alunos a fim de promover seu aprendizado, as atividades e ações propostas têm suas limitações, uma vez que não aprendemos da mesma forma, nem tampouco da mesma maneira.

Apesar das atividades não terem sido executadas em uma sala ambiente propícia para o desenvolvimento das múltiplas inteligências dos alunos, procurou-se adaptá-las de forma que qualquer professor, independente do tipo de sala, pudesse reproduzi-las ou fazer sua (re)leitura. Reconhece-se que salas ambientes para áreas

do conhecimento e/ou disciplinas não representam uma realidade da maioria das escolas brasileiras.

Ao longo desta pesquisa, ao buscar estimular maior número possível de inteligências, apresentando a Óptica sob diferentes perspectivas, incomuns no ensino de Física, como pintar, desenhar e contar histórias, os alunos tiveram liberdade para estabelecer conexões entre as suas ideias e as ideias apresentadas pelo professor. Ao formular suas teorias, fizeram uso de suas habilidades, construindo o aprendizado em conjunto com os demais colegas e com o professor. Ou seja, as múltiplas inteligências foram estimuladas através das ações pedagógicas.

Avaliar o aluno com diferentes instrumentos permite ao professor maior clareza quando for necessário ter uma posição quanto ao aprendizado e limitações do aluno (SMOLE, 2000). As ações pedagógicas e atividades apresentadas se mostraram como uma rota secundária para que o aluno compreendesse a natureza da luz.

A Teoria das IM defende que conteúdos e disciplinas específicas (domínios) não combinam entre si (GARDNER, 2001). Porém, considerando que não se deve, de uma hora para outra, impor às escolas o uso desta teoria, bem como exigir que os professores mudem sua prática pedagógica e o sistema educacional de um país se modifique, sugere-se que ela seja introduzida aos poucos no ambiente escolar (GARDNER, 2010). Esse processo requer adaptações. Não podemos esquecer que a teoria das IM se originou num contexto norte-americano que apresenta um contexto educacional distante do contexto brasileiro.

Recentemente, no Rio Grande do Sul, foi implantado o modelo de Ensino Médio Politécnico integrado, onde se busca uma integração entre todas as disciplinas, buscando desenvolver habilidades do aluno, principalmente voltados para pesquisas que tenham impacto social. Os alunos são avaliados constantemente, ao longo de todo o trimestre, em áreas do conhecimento e essas avaliações não são, necessariamente, provas, mas ficam a caráter e escolha do professor.

Embora muitas escolas ainda persistam em trabalhar como o antigo Ensino Médio, sem buscar uma conexão entre as disciplinas, não favorecendo os conteúdos comuns, pode-se dizer que estamos caminhando para uma mudança conceitual no sistema educacional. Estas mudanças proporcionam ao professor a liberdade e

autonomia de escolher aquilo que realmente importa para o aprendizado do seu aluno, ao invés de preocupar-se em formá-lo um especialista em uma determinada disciplina, favorecendo a abordagem da Teoria das IM no ambiente escolar.

Muitos estudos vêm se desenvolvendo na educação com base na Teoria das IM. Grande parte desses é desenvolvida voltada para a educação infantil e séries iniciais, geralmente estando vinculadas às áreas das linguagens ou matemática. No ensino de Física, se desconhece, na literatura, trabalhos que tenham desenvolvido ações pedagógicas e atividades no ensino de Óptica, com base na teoria das IM. Portanto, este trabalho apresenta grande relevância para os professores que buscam novas abordagens e repensar suas ações no ensino de Física, especialmente no que se refere à natureza da luz (estudo da Óptica).

Embora tenha se desenvolvido em um contexto de condições importantes para a aplicação da Teoria das IM, tais como ausência de salas ambientes e a restrição a um conteúdo específico de uma área do conhecimento, procurou-se abordar a teoria em sala de aula a fim de despertar as habilidades dos alunos com diferentes atividades que exploraram a natureza da luz e promoveram a evolução das concepções prévias sobre o assunto.

Estima-se que as atividades elaboradas, bem como a abordagem escolhida, estão em consonância com o atual contexto do sistema educacional no Rio Grande do Sul, onde se visa uma avaliação progressiva e diferenciada do aprendizado do aluno. Entende-se que avaliar a compreensão do aluno não é tarefa fácil. No Apêndice E foram colocados os critérios de avaliação que foram significativos para atribuir o conceito “CSA” (condição satisfatória de aprendizado) ao aluno, conforme determinado na proposta pedagógica do Ensino Médio Politécnico, do Rio Grande do Sul, disponível no site da Secretaria da Educação do Rio Grande do Sul (SEDUCRS) ¹⁶, desde 2012.

¹⁶ A Proposta pedagógica do Ensino Médio Politécnico implantado no Rio Grande do Sul a partir de 2012 está disponível em: http://www.educacao.rs.gov.br/dados/ens_med_proposta.pdf.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, E. S. **Como desenvolver o potencial criador: um guia para a libertação da criatividade em sala de aula.** Rio de Janeiro: Ed. Vozes, 1990. 118p.

ALMEIDA, M.J.P. M. **A Luz: Enfoque no Ensino Médio e representações de estudantes.** Pró-Posições, v.7, n 1 [19] p.34-40; 1996. Disponível <http://www.proposicoes.fe.unicamp.br/~proposicoes/textos/19_artigo_almeidamjpm.pdf> Acesso em: 20 jan 2014.

ALMEIDA, D.R.V et. al. **Ensino de Óptica para alunos com deficiência visual: análise de concepções alternativas.** In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5., 2005, Bauru, SP. Bauru: UNESP, 2005. p. 1-13.

ANDRADE, J.M. **Concepções alternativas em Óptica.** Universidade Estadual de Campinas. 1995 p.156. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação. Programa de Pós Graduação em Educação. Universidade Estadual de Campinas, Campinas SP, 1995.

ARMSTRONG, T. **Quando culturas se conectam: A teoria das inteligências múltiplas como um bem-sucedido produto de exportação norte-americano.** In: GARDNER, H. et. al. **Inteligências Múltiplas ao redor do mundo.** Porto Alegre: Ed. Artmed, 2010. 31-40p.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento.** Rio de Janeiro: Ed. Contraponto, 2005. 314p.

BONITO, J. **Ensino das Ciências de base cognitiva: perspectivas atuais.** Cadernos de Pesquisa: pensamento educacional – UTP, p.75-97; 2010. Disponível em <http://www.utp.br/cadernos_de_pesquisa/pdfs/cad_pesq9/5_ensino_ciencias_cp9.pdf> Acesso em: 23 jan 2014.

CAMPBELL, L., CAMPBELL, B. E DICKINSON, D. **Ensino e Aprendizagem por meio das Inteligências Múltiplas.** Porto Alegre: Ed. Artmed, 2000. 308p.

CANON-ABAQUIN, M. **As inteligências Múltiplas fazem a diferença.** In: GARDNER, H. et. al. **Inteligências Múltiplas ao redor do mundo.** Porto Alegre: Ed. Artmed, 2010. 125-135p.

CDCC/USP Setor de Física. **A natureza da luz: onda ou partícula.** Disponível em: <<http://fisica.cdcc.usp.br/Professores/Einstein-SHMCarvalho/node5.html>> Acesso em: 09 fev. 2014.

CHEN, J. **A assimilação da teoria das inteligências múltiplas na educação Chinesa: Ênfase na família e na harmonia.** In: GARDNER, H. et. al. **Inteligências Múltiplas ao redor do mundo.** Porto Alegre: Ed. Artmed, 2010a. 44-55p.

CHEN, J. **Zona de desenvolvimento proximal cultural: Um construto para fazer avançar nossa compreensão em torno do mundo das IM.** In: GARDNER, H. et. al.

Inteligências Múltiplas ao redor do mundo. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2010b. 402-413p.

CONDÉ, M.L.L., **De Galileu a Armstrong: as várias faces da lua.** *UFMG Observatório da Serra, 1999.* Disponível em:
<<http://www.observatorio.ufmg.br/pas15.htm>> Acesso em: 13 jan. 2014.

CUNHA, M.V. **Acervo digital USP. Psicologia da Educação.** Rio de Janeiro: Ed. Lamparina, 2008. ISBN-13: 9788598271507. (sic). Disponível em
<<http://.acervodigital.unesp.br/bitstream/123456789/.../01d08t02.pdf>> Acesso em 20 out. 2012.

FEYERABEND, P.K. **Contra o método.** Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977. 487p.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física: ondas, óptica e termodinâmica.** v.2. São Paulo: Ed. Ática, 2011. 144p.

GARDNER, H. **Arte, mente e cérebro: uma abordagem cognitiva da criatividade.** Porto Alegre: Ed. Artmed, 1999. 320p.

GARDNER, H. **Inteligência: um conceito reformulado.** Rio de Janeiro: Ed. Objetiva Ltda., 2001. 347p.

GARDNER, H. et. al. **Inteligências Múltiplas ao redor do mundo.** Porto Alegre: Ed. Artmed, 2010. 432p.

GARDNER, H. **Estruturas da mente: A teoria das inteligências múltiplas.** Porto Alegre: Ed. Artes Médicas, 1994. 340p.

GIORDAN, A. Cómo ir más allá de los modelos constructivistas? **Investigación em La Escuela.** n.28. Díada Editora S.L. Sevilla: 1996. 7-21p. Disponível em:
<http://www.investigacionenlaescuela.es/articulos/28/R28_1.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2014

GIORDAN, A.; DE VECCHI, G. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos.** 2 ed. Porto Alegre: Ed. Artes Médicas, 1996. 222p.

GIRCOREANO, J.P; PACCA, J.L de Almeida. **O ensino da Óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão.** Caderno Catarinense de Ensino de Física. v 18. n.1, 2001. 26-40p.

GODOY, A.S. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades.** Revista de Administração de Empresas (RAE). v.35, n.2, São Paulo, 1995. 57-63p.

GUBA, E. G. **The Paradigm dialog.** London: SAGE Publications, 1990. 429p.

GUESNE, E. La luz. In: DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHEN, A. **Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia**. Madrid: Ediciones Morata, 1999. 31-61p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. v 2, Rio de Janeiro: LTC, 2012. 314p.

HARRES, J.B.S. Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introdutórios de Óptica Geométrica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v.10, n 3, 1993. 220-234p.

HOERR, T. **Inteligências múltiplas ao redor do mundo**. In: GARDNER, H. et. al. **Inteligências Múltiplas ao redor do mundo**. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2010. 318-331p.

KAMINSKI, W. Conceptions des Enfants (et des autres) sur la Lumière. **Bulletin de L'Union des Physiciens**, n. 716, 1989. 973-995p

KIM, M.; CHA, K. **A integração da teoria das inteligências múltiplas à prática educacional na Coréia do Sul**. In: GARDNER, H. et. al. **Inteligências Múltiplas ao redor do mundo**. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2010. 109-124p.

La main à La pâte international cooperation. **Apresentação: visão geral**. França, [1996]. Disponível em: <<http://www.fondation-lamap.org/en/page/9788/about-la-main-%C3%A0-la-p%C3%A2te>> Acesso em: 3 jan. 2014

LA ROSA, C., MAYER, M., PATRIZI, P., VICENTINI-MISSONI, M. Commonsense knowledge in optics: Preliminary results of an investigation into the properties of light. **European Journal of Science Education**, v. 6, n.4, 1984. 387-397p.

LA ROSA, J. e organizadores. **Psicologia e educação: o significado do aprender**. 8 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004, 230p.

MARANHÃO, Diva Nereida Marques Machado. **Ensinar Brincando: a aprendizagem pode ser uma grande brincadeira**. Rio de Janeiro: WAK, 2004, 145p.

MELO, Marcos Gervânio de Azevedo. **A Física no Ensino Fundamental: utilizando o jogo educativo “viajando pelo Universo”**. 2011. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2011.

MENEGOTTO, J. C.; ROCHA FILHO, J. B. Atitudes de estudantes do Ensino Médio em relação à disciplina de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol. 7. Nº 2. 2008. 298-312p

MORAES, R; GALIAZZI, M. **Análise textual discursiva**. 2ed. Ijuí: Ed. Unijuí 2011. 222p.

MORAES, R; RAMOS, M.G; GALIAZZI, M. **A epistemologia do aprender no educar pela pesquisa em Ciências: alguns pressupostos teóricos**. In: MORAES, R.

et. al. Educação em Ciências: produção de currículos e formação de professores. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004. 85-108p.

MORAN, S. **Por que inteligências Múltiplas?** In: GARDNER, H. et. al. *Inteligências Múltiplas ao redor do mundo*. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2010. 380-389p.

MOREIRA, M. A.; ROSA, P. Mapas Conceituais. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v3. n 1, 1986. 17-25p. Disponível em <<https://150.162.1.115/index.php/fisica/article/viewFile/7934/7300> > Acesso: 05 jan 2014

MORTIMER, E.F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de Ciências: Para onde vamos?. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**. V.1. Porto Alegre, 1996. 20-39p.

PROGRÉ, P.; ROGÉ, M. **A teoria das inteligências múltiplas na Argentina: Uma estrutura teórica que favorece a educação para todos**. In: GARDNER, H. et. al. *Inteligências Múltiplas ao redor do mundo*. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2010. 274-282p.

ROBILOTTA, M. R. O cinza, o branco e o preto – Da relevância da história da Ciência no Ensino de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis (5), 1988. 07-22p.

SILVA, C.C; MARTINS, R. de ALMEIDA, “A nova teoria sobre luz e cores de Isaac Newton: uma tradução comentada. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v 18. n 4, 1996. p.313-327.

SILVA, J. A., **Ênfase no modelo ondulatório como estratégia de promoção da evolução conceitual em tópicos sobre a luz em Nível Médio**. Brasília: Universidade de Brasília, 2009. p.146. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências. Universidade de Brasília, Brasília DF, 2009.

SILVEIRA, F.L; MEDEIROS, A. A ilusão sobre o tamanho da Lua no horizonte. **Física na Escola**, v. 7, n.2, 2006, 67-69p. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num2/v13a12.pdf>> Acesso em: 15 jan 2014.

SMOLE, K. C., **A Matemática na Educação Infantil: a teoria das Inteligências Múltiplas na prática escolar**. Porto Alegre: Ed. Artes Médicas Sul, 2000. 206p.

STEINBERG, S. **Saul Steinberg**. New York: Whitney Museum of American Art, 1978. 235p.

TOSCANO. C; GONÇALVES FILHO. A; **Física para o Ensino Médio**, v. único, Ed. Scipione. São Paulo. 2002. 480p.

TRAGTENBERG, M. Relações de poder na escola. **Lua Nova**. v.1, n.4, 1985, 68-72p.

VYGOTSKI, L.S. **La informacion y el arte em la infância**. Madrid: Akal, 1990.

Disponível em:

<https://docs.google.com/document/d/1Hlyoi_LRHY6eL5eCIGLtpXjet1ljuc6lsJFKoRFxp1s/edit > Último acesso em: 13 de fev.2014.

WEISZFLOG, Walter. **Michaelis: dicionário da Língua portuguesa**. São Paulo: Editora Melhoramentos Ltda, c2012. Disponível em: <

<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues> >. Último acesso em: 20 de fev. 2014.

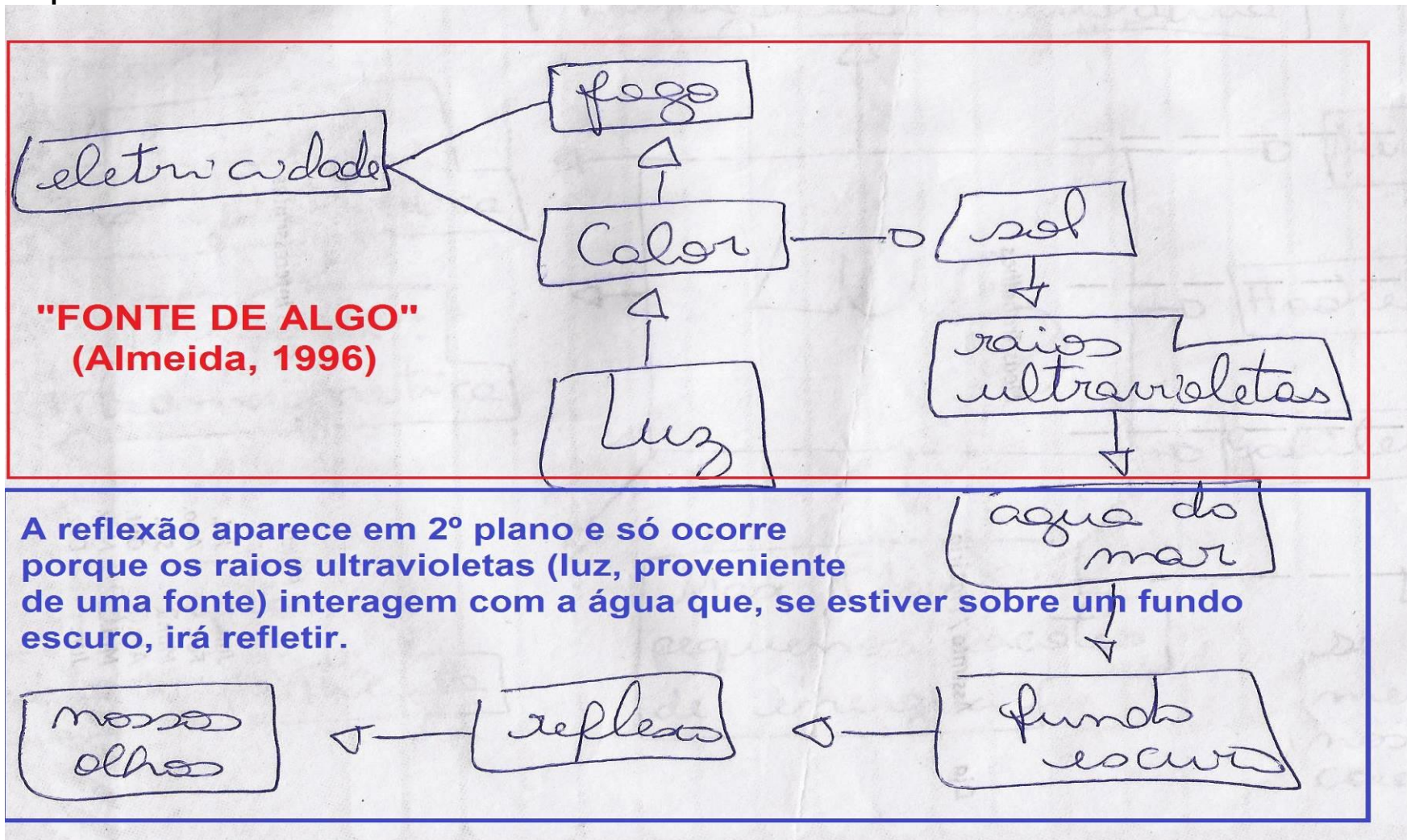
YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2.ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2001. 200p.

ZANELLA, L. **Aprendizagem: uma introdução**. In: LA ROSA, J. e organizadores.

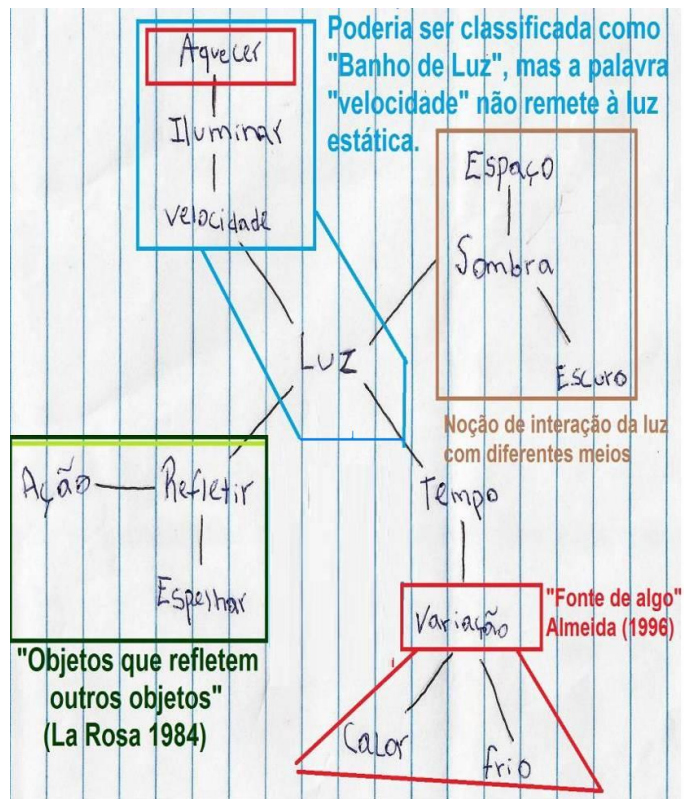
Psicologia e educação: o significado do aprender. 8 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004, 23-38p.

APÊNDICE A - ANÁLISE DAS IDEIAS INICIAIS SOBRE A NATUREZA DA LUZ NOS MAPAS CONCEITUAIS, PRODUÇÕES TEXTUAIS E ARTÍSTICAS DOS ALUNOS.

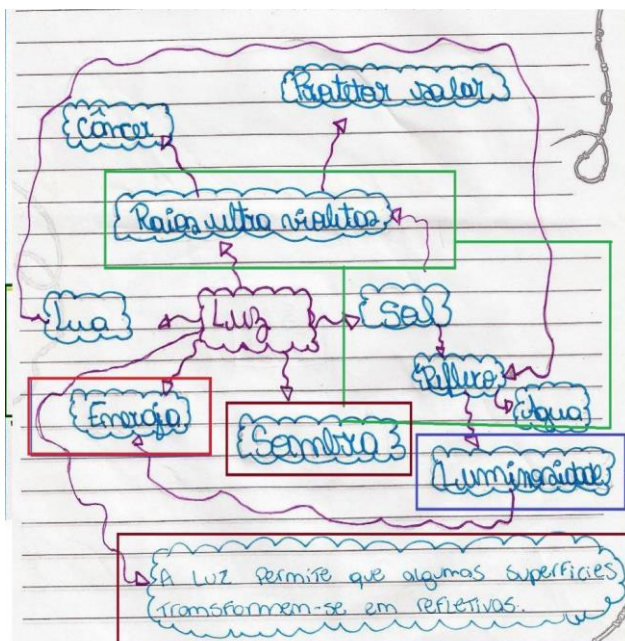
Grupo 1



Grupo 2



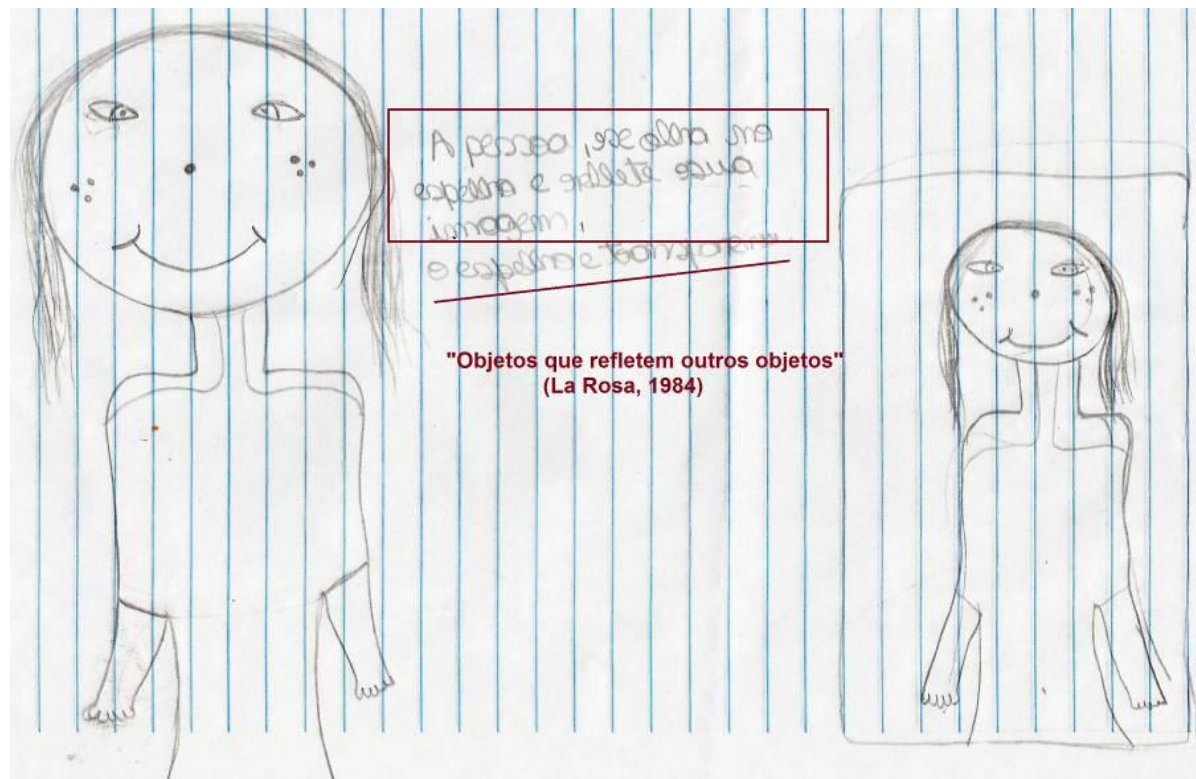
Grupo 3



É atribuída à Luz a capacidade de transformar algumas superfícies em refletoras.

Percebe-se que existe uma noção da interação da luz com os objetos, pois se destaca a relação da luz com a sombra e luminosidade.

Grupo 4



Grupo 5

Luz

Provavelmente deve ter uma explicação mais inteligente para o que é luz, mas na minha opinião luz é algo que está além da nossa compreensão e algo que existe a muito tempo.

Existem duas versões conhecidas para a invenção da luz. A versão bíblica afirma que Deus a criou com o objetivo de iluminar a terra e a ciência afirma que a luz "nasceu" através do Big Bang.

Eu acredito que luz seja a mistura de vários elementos químicos que quando entram em contato reagem refletindo a luminosidade. Eu não, enfim é algo muito complexo de se falar e escrever.

Luz está por toda parte e até mesmo para existir escuro precisa-se da ausência dela.

* A luz está além da nossa compreensão.

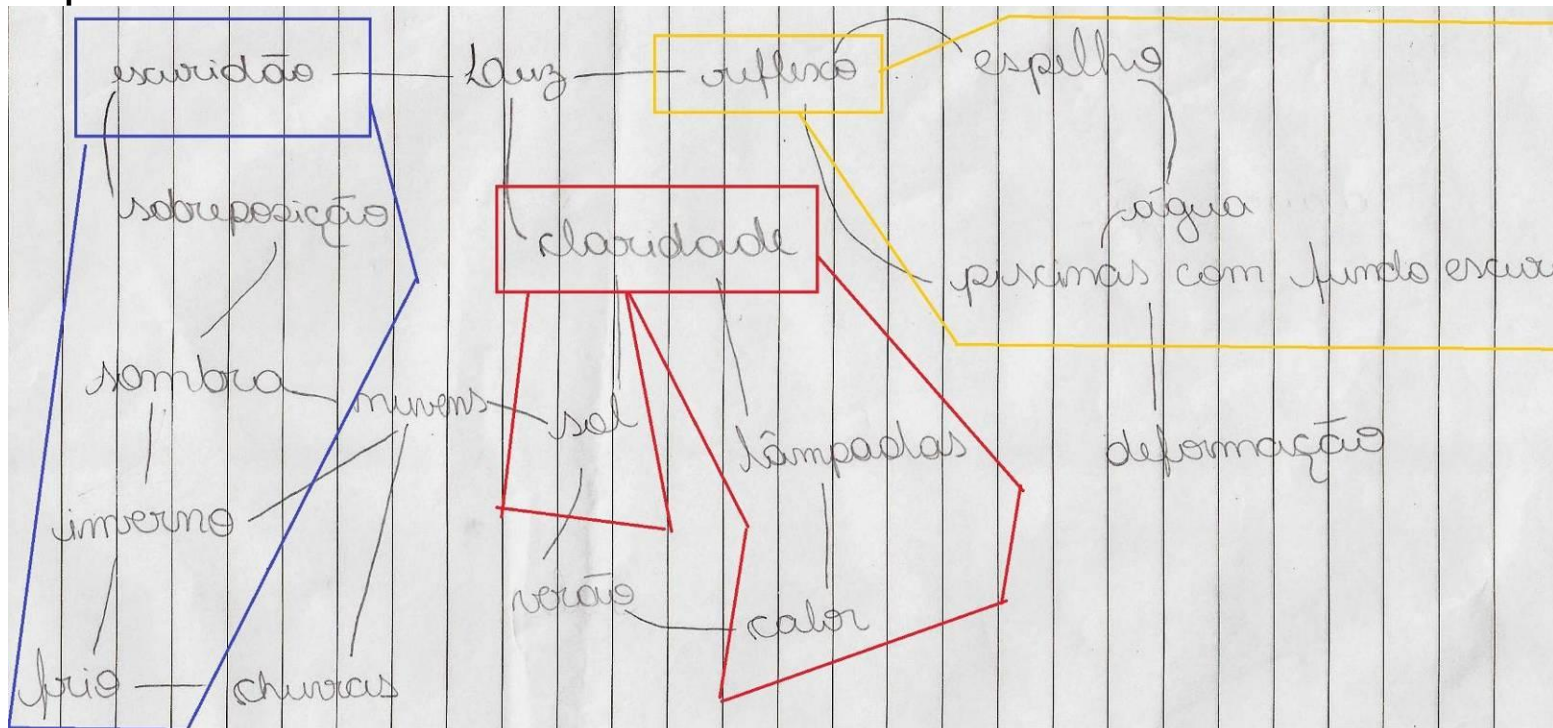
* "Versão bíblica"
Deus criou a luz para iluminar a Terra.

* "Versão científica"
A luz se originou no Big Bang.

* Reação entre elementos químicos que geram luminosidade ou ausência desta.

* "Banho de Luz"
(Gircoreano e Pacca (2001).

Grupo 6

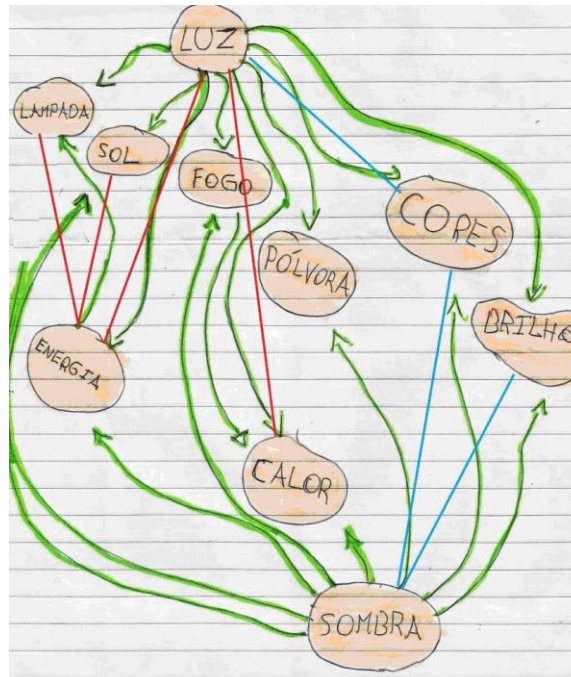


Luz relacionada à escuridão, mas não à sua ausência, e sim à interação desta com os objetos que provocam o aparecimento da sombra. PS: existe uma relação entre escuridão -sombra-inverno-nuvens (nublado).

Luz relacionada à clareza proveniente de fonte natural (Sol) e artificial (lâmpada). Nessa concepção, ambas fontes geram calor.

Luz relacionada à reflexão. A interação da Luz com a água ou água em piscinas com fundo escuro, permite a reflexão de imagem como num espelho.

Grupo 7 e 8, respectivamente.



Todas as ideias aparecem ligadas no mapa, tornando sua interpretação um pouco difícil. A análise do discurso do grupo permitiu mapear as ideias centrais:

- * A luz é uma fonte de energia obtida nas lâmpadas e no sol.
- * A luz é uma fonte de calor.

Almeida (1996)

- * A luz nos permite ver as cores, sombras e brilho dos objetos. Se não houver nenhuma fonte de luz, não conseguimos ver as coisas.

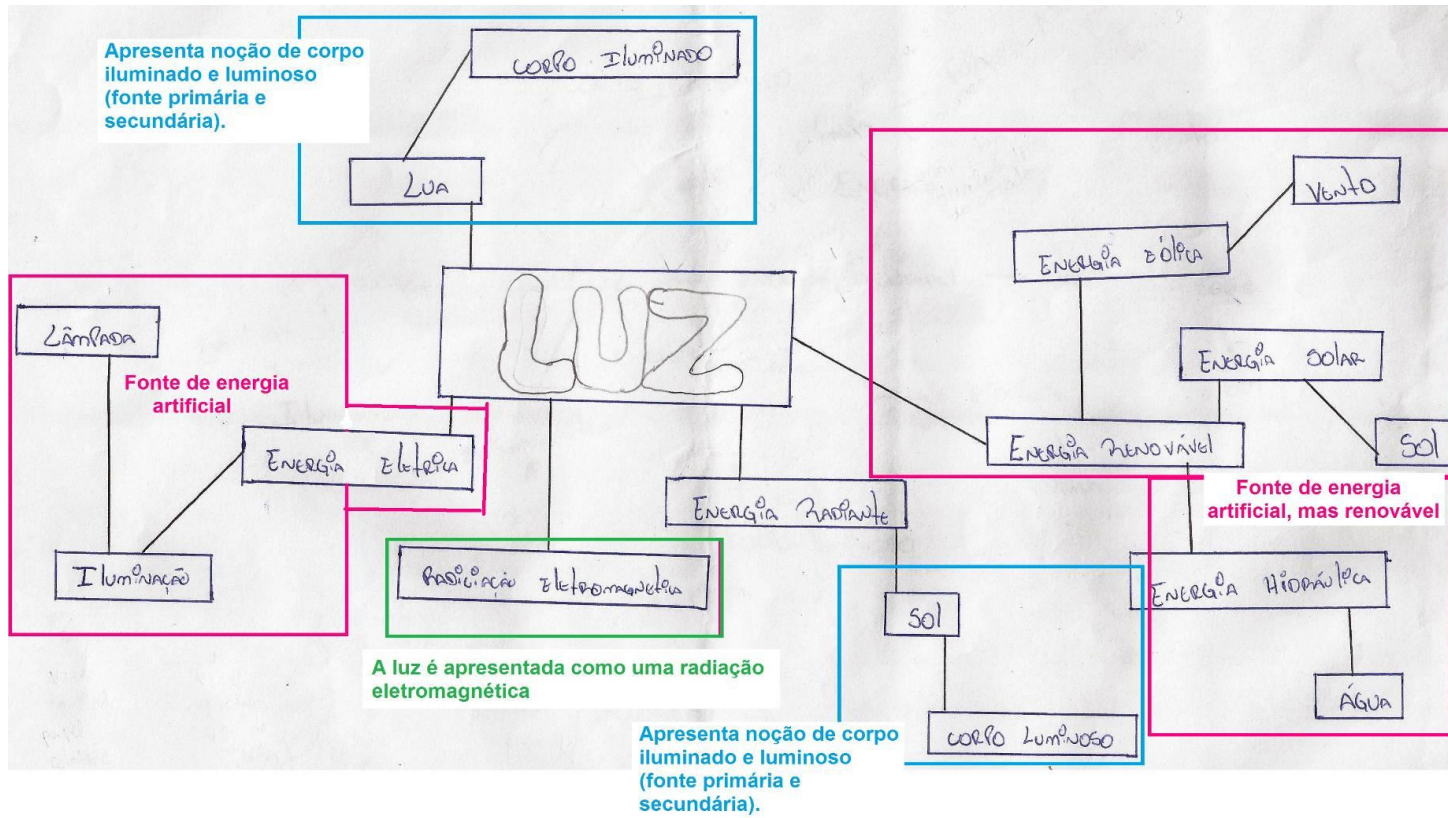
Mesmo que as cores e sombras sejam atribuídas à interação da luz com os objetos, ela permanece na ideia de que é originada em uma fonte.

A luz ou luz visível como é fisicamente caracterizada é uma forma de energia radiante. É o agente físico que, atuando nos órgãos visuais, produz a sensação da visão.

- * A luz é uma forma de energia.

- * A luz é um agente físico que produz a visão ao interagir com olhos.

Grupo 9



Grupo 10

O que é a luz?
 No nosso ponto de vista, luz pode ser referida a iluminação no geral, como do sol, da eletricidade ou pode ser vista de outro ângulo mais profunda, como na religião onde muitas pessoas se referem a Deus com uma luz, que trás paz e alegria, que nos acalma e que pode inspirar muitos artistas a pintar suas obras,

* A luz é uma fonte de energia natural e artificial que tem a função de iluminar.

* "Significado mítico" (Almeida, 1996)

Na religião, a luz é representada por Deus e nos transmite paz, alegria, tranquilidade e inspiração

Grupo 11

O que é luz?
 Luz é tudo aquilo que pode ser transmitido de uma fonte seja ela transmitido pelo sol ou de forma artificial, ela pode ser observada de diversos ângulos

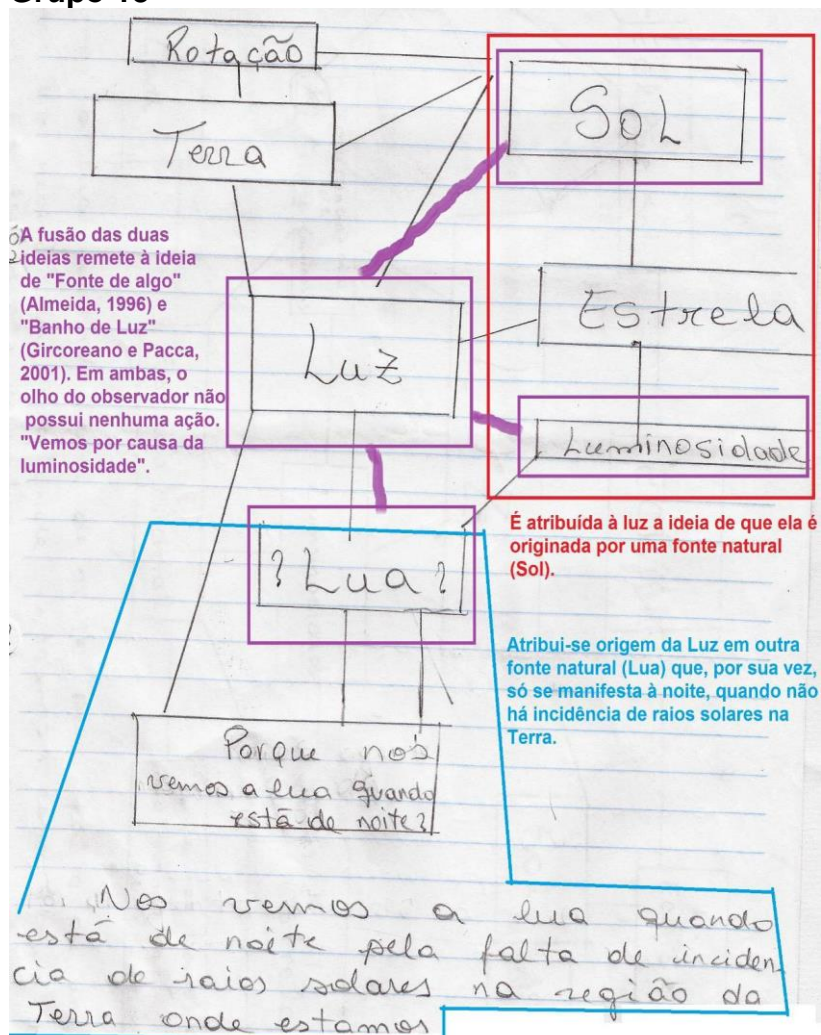
"Fonte de energia artificial e/ou natural"

Grupo 12

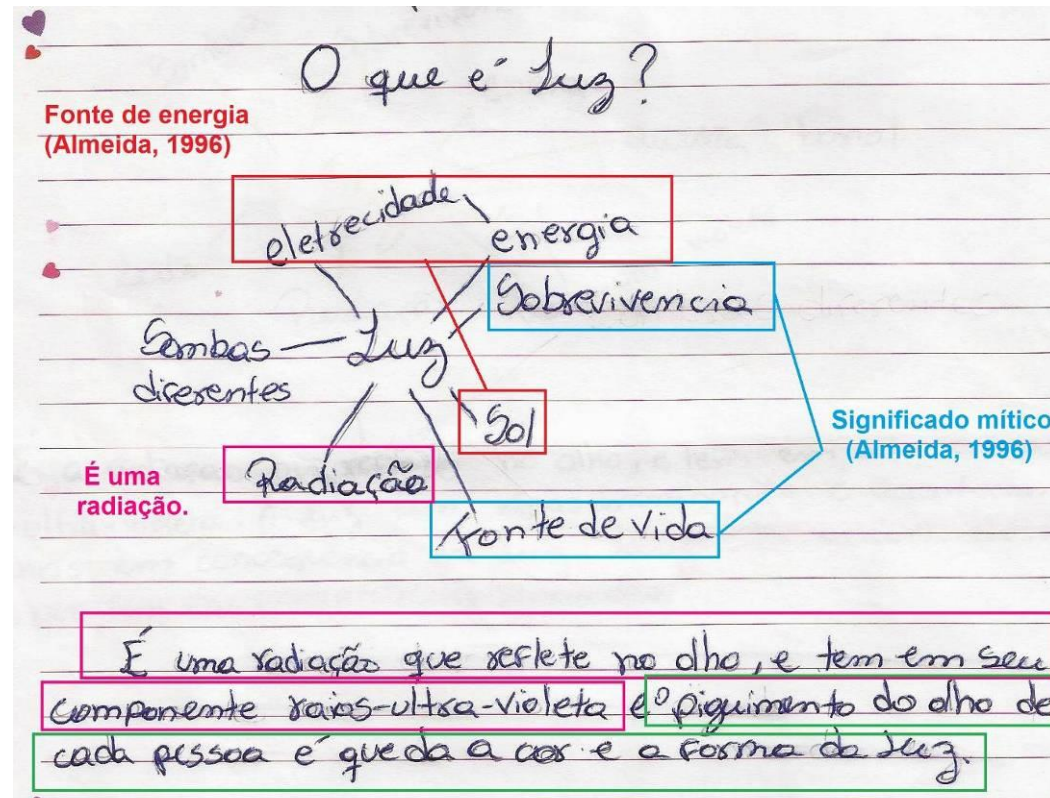
A luz é gerada de várias maneiras pelo sol, vento, água, energia elétrica e nuclear como usinas nucleares e hidrelétricas e essa luz é distribuída por meio de cabos que chegam até a sua casa pela ponta do fio que é a tomada. A luz foi estudada no séc. XVII, XVIII por Benjamin Franklin que observou uma tempestade de raios e viu que era gerada de uma descarga de eletricidade.

O texto refere-se apenas as formas como a luz é gerada, dando a entender que se trata de uma forma de energia.

Grupo 13

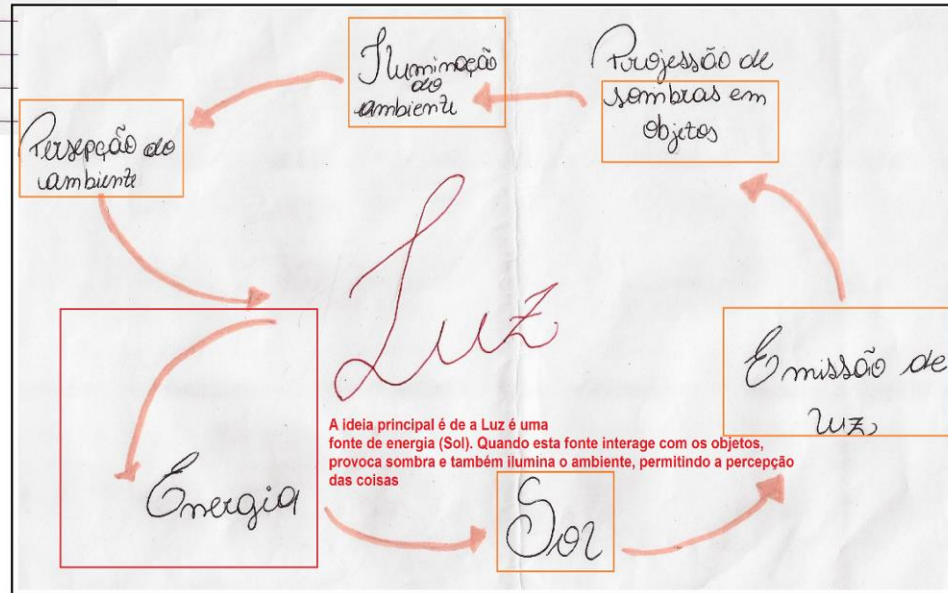
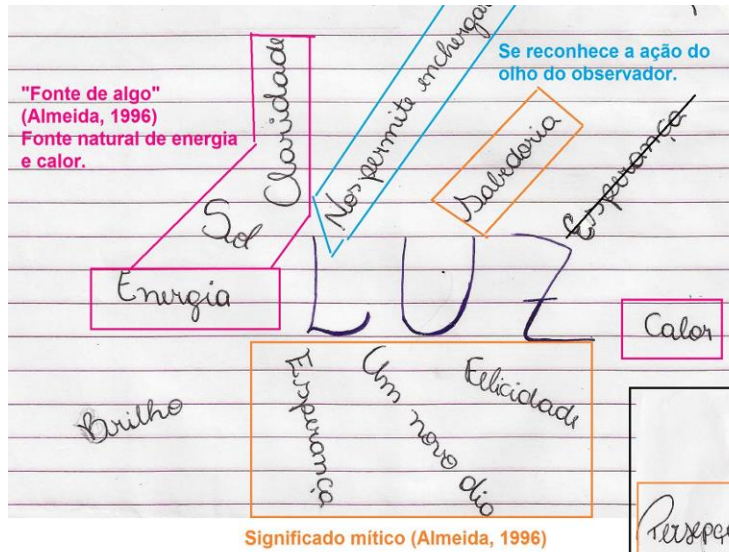


Grupo 14

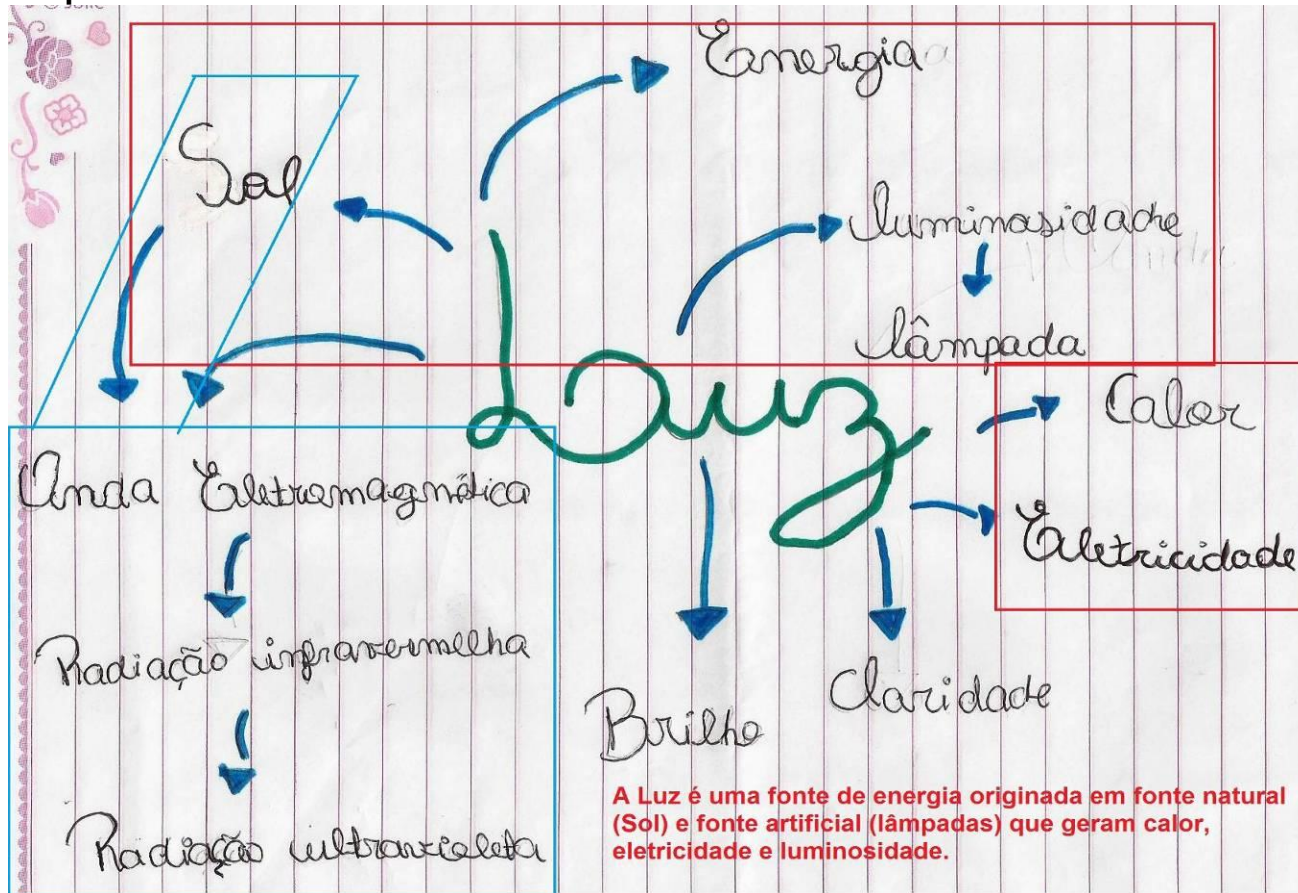


Atribuí-se ao olho do observador a propriedade de "dar forma e cor aos objetos."

Grupo15 e Grupo 18, respectivamente.

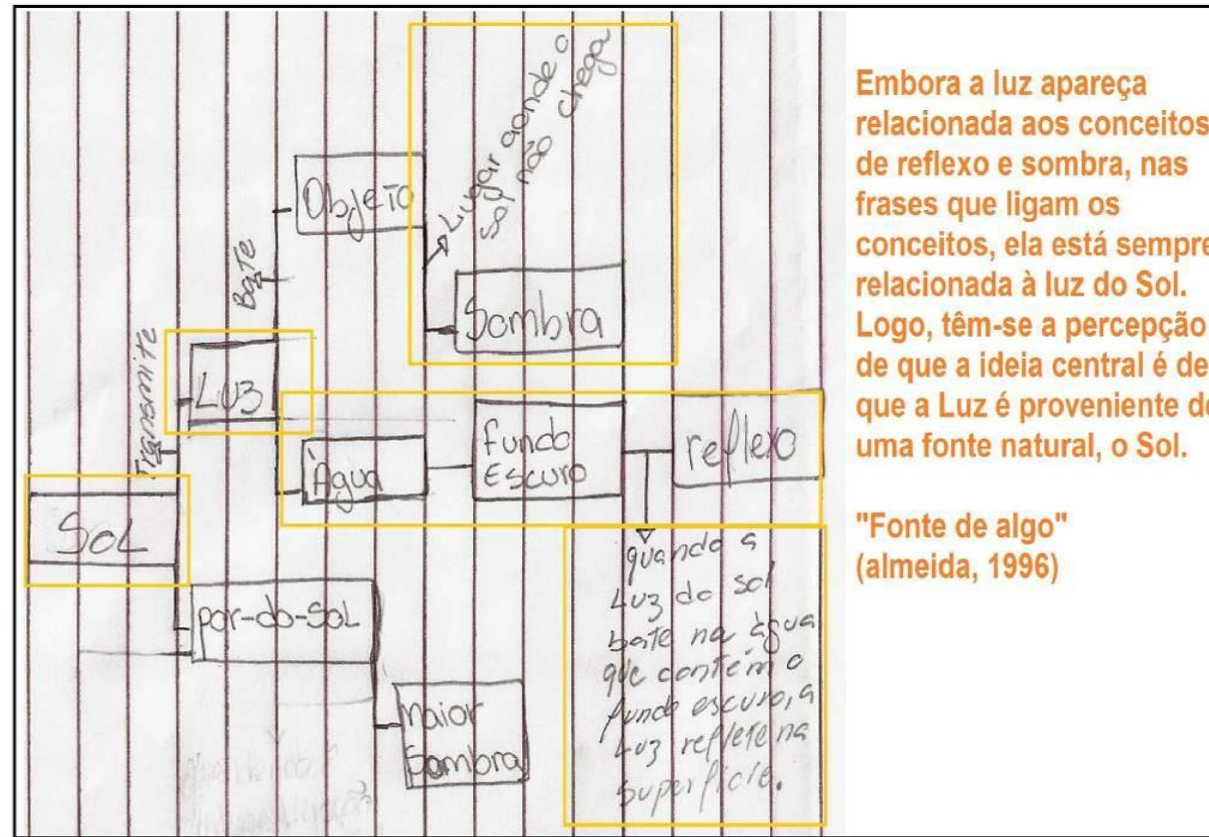


Grupo 16



A luz é uma onda eletromagnética originada do Sol, assim como as radiações infravermelho e ultravioleta.

Grupo 17



Embora a luz apareça relacionada aos conceitos de reflexo e sombra, nas frases que ligam os conceitos, ela está sempre relacionada à luz do Sol. Logo, têm-se a percepção de que a ideia central é de que a Luz é proveniente de uma fonte natural, o Sol.

"Fonte de algo"
(almeida, 1996)

Grupo 19



Grupo 20

- A luz é um fenômeno Natural (sua fonte, primordial) emitida pelos raios solares, que secundariamente podem ser emitidos por lâmpadas e outros tipos de aparelhos criados pelo homem.

- Nós não temos uma boa percepção no escuro. Quanto mais claro (+ luz) melhor podemos identificar os objetos.

- As sombras estão intimamente relacionadas com a luz. Esta relacionada com a direção e com o tempo (antigamente quando não haviam relógios era usado a direção do sol e as sombras para identificar os horas aproximadas).

* A luz é um fenômeno proveniente de fontes naturais ou artificiais.

* Não temos boa percepção dos objetos quando existe pouca luz (?) "Banho de Luz" (Gircoreano e Pacca, 2001)

A Luz está relacionada com a sombra.

APÊNDICE B - TRANSCRIÇÃO E ANÁLISE DA GRAVAÇÃO DO DISCURSO DOS ALUNOS, REALIZADA DURANTE A DISCUSSÃO, NO GRANDE GRUPO, SOBRE AS IDEIAS INICIAIS QUANTO À NATUREZA DA LUZ.

F "A luz foi descoberta por Benjamin Franklin" que estudou as descargas elétricas."

A LUZ FOI DESCOBERTA POR BEIJAMIN FRANKLIN QUE ESTUDOU AS DESCARGAS ELÉTRICAS.

▲ "Então a luz é uma descarga elétrica?"

F "Não! A descarga elétrica é uma consequência dos raios. A luz é a luminosidade deles. É a energia."

A LUZ É A LUMINOSIDADE DOS RAIOS.

A LUZ É A ENERGIA

G "Além de energia ela é a eletricidade é uma onda eletromagnética."

ALÉM DE ENRGIA, É ELETRICIDADE.

É UMA ONDA ELETROMAGNÉTICA.

▲ "Porque a luz é uma onda eletromagnética?"

G "Ah... Porque o raio x é uma onda eletromagnética e ele emite luz. Então a luz também é."

"O RAIOS X EMITE LUZ.

O RAIOS X É UMA ONDA ELETROMAGNÉTICA. A LUZ É UMA ONDA ELETROMAGNÉTICA."

H "E o infravermelho também."

O INFRAVERMELHO É UMA

ONDA ELETROMAGNÉTICA

▲ "Mas não vemos as ondas infravermelhas."

NÃO VEMOS AS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS VEMOS A LUZ
A LUZ NÃO É UMA ONDA ELETROMAGNÉTICA.

A LUZ É UMA ENERGIA.

ENERGIA É MUITO RELATIVO!
QUANDO COMEMOS ESTAMOS INGERINDO ENERGIA E NEM POR ISSO COMEMOS LUZ.

É O SOL.
SEM O SOL NÃO EXERGARIAMOS.

À NOITE EU VEJO AS COISAS POR CAUSA DA LUZ DA LUA.

H "Mas se colocarmos na frente de ⁽²⁾ uma câmera fotográfica e olharmos na tela, do outro lado, vemos uma luz. Isso acontece quando usamos o controle de TV, por exemplo".

I "Então não é uma onda eletromagnética a luz."

▲ "Mas o que é a luz?"

I "É uma energia, Prof!"

J "Energia é muito relativo! Quando comemos estamos ingerindo energia. E nem por isso comemos luz!"

I "É muito maior que isso. É o Sol. Sem o sol, não enxergariamos."

▲ "Mas à noite eu não vejo o Sol no céu e enxergo as coisas, mesmo afastada das luzes da cidade."

I "É por causa da luz da lua."

O - "Acho que devem ter pigmentos nos nossos olhos que quando interagem com a luz mostram as cores dos objetos."

O - "Deve ser a cor do nosso olho"

P - "Ah é! Daí os olhos azuis veriam tudo azul e os pretos, tudo preto!"

O - É verdade.

P - "A luz foi criada por Deus e foi ele que quis que enxergássemos assim."

▲ - "E como é esse "enxergássemos assim?"

EXISTEM PIGMENTOS NOS NOSSOS OLHOS QUE PERMITEM A VISUALIZAÇÃO DAS CORES QUANDO INTERAGEM COM A LUZ.

DEVE SER A COR DO NOSSO OLHO.

DAÍ OS OLHOS AZUIS VERIAM TUDO AZUL E OS PRETOS, TUDO PRETO!

DEUS CRIOU A LUZ E A NOSSA VISÃO (SIGNIFICADO MÍTICO)

O. " Assim! Com cores, sombras, po-

(6)

N - " É o daltonico? É o gato que
vêm no escuro e o cachorro que
vêm preto e branco? Isso é coisa de
religiao.

ENXERGAMOS COM CORES E SOMBRAS.

OS GATOS VÊM NO ESCURO.
OS CACHORROS VÊM PRETO E BRANCO
ISSO É COISA DE RELIGIÃO.

Q - É as auroras, professora? Elas
também são luzes no céu e são
coloridas.

AS AURORAS SÃO LUZES COLORIDAS
NO CÉU

TURMA - É mesmo. São muito legais

R - "Eu vi uma aurora daquelas
na praia"

VI UMA AURORA DAQUELAS NA PRAIA.

▲ - "É mesmo?! Quando?"

ERA BEM PERTO DO ENTARDECER.

R - "Ora bem perto do entardecer,
em Capad, no verão."

Q - "Acho que não, hein?! As auro-
ras só tem nos polos"

AS AURORAS SÓ TÊM NOS POLOS.

A "A luz é uma fonte de energia. O Sol, por exemplo."

A LUZ É UMA FONTE DE ENERGIA. (SOL, POR EXEMPLO)

B "Em Biologia aprendemos que a luz do Sol é o que nos mantém vivos na Terra. O Sol é uma fonte de energia. Portanto a luz é uma fonte energética."

NA BIOLOGIA, A LUZ DO SOL É O QUE NOS MANTÉM VIVOS

O SOL É UMA FONTE DE ENERGIA
A LUZ É UMA FONTE ENERGÉTICA.

C "Uma vez eu ouvi que as cores que vemos é por causa da luz. Isso que isso é uma bobagem. Bruxaria."

UMA VEZ OUVI QUE AS CORES QUE VEMOS É POR CAUSA DA LUZ.

D "Mas é verdade! A luz bate nas coisas, reflete p/ os nossos olhos e é no nosso olho que distinguimos as cores, através de alguma coisa."

A LUZ BATE NAS COISAS, REFLETE PARA OS NOSSOS OLHOS E É NO NOSSO OLHO QUE DISTINGUIMOS AS CORES, ATRAVÉS DE ALGUMA COISA.

E "Que bobagem! A luz bate nas coisas e elas é que refletem as cores. Se fossem pigmentos nos olhos, pessoas de olhos verdes veriam o céu verde."

A LUZ BATE NAS COISAS E ELAS É QUE REFLETEM AS CORES.

SE FOSSEM PIGMENTOS NOS OLHOS, PESSOAS DE OLHOS VERDES VERIAM O CÉU VERDE.

F "É no que a luz bate que faz

o céu ser azul?"
 E "Na atmosfera!"
 A "Porque no por do sol o céu é laranja?"
 B "Estou dizendo que é porque a luz bate nas coisas e nossos olhos vêm dessa cor. O Sol está muito mais perto do horizonte."
 E "Nada a ver com isso! Acho que é o ângulo com que a luz está chegando no nosso planeta."
 B "OK. Mas e a luz elétrica? Acho que isso que vocês estão discutindo não é o que a professora quer."
 A "Porque você acha isso?"
 B "Porque a cor das coisas é uma mistura de pigmentos e a luz, é uma fonte energia. Tipo, quando termina a luz não enxergamos."
 A "O que acontece se eu fechar todas as janelas e cortinas e apagar as

O CÉU AZUL PORQUE A LUZ BATE NA ATMOSFERA.
 NO POR DO SOL O CÉU É LARANJA PORQUE A LUZ BATE NAS COISAS E NOSSOS OLHOS VÊM DESSA COR.
 O SOL ESTÁ MAIS PERTO DO HORIZONTE.
 ACHO QUE NO POR DO SOL O CÉU É VERMELHO POR CAUSA DO ÂNGULO COM QUE A LUZ ESTÁ CHEGANDO NO NOSSO PLANETA.
 E A LUZ ELÉTRICA? ISSO QUE ESTÃO DISCUTINDO NÃO É O QUE A PROFESSORA QUER.
 A COR DAS COISAS É UMA MISTURA DE PIGMENTOS.
 A LUZ É UMA FONTE DE ENERGIA.
 QUANDO TERMINA A LUZ NÃO ENXERGAMOS.

Lâmpadas?
 B "Não vamos ver nada, Prof!"
 A "Executei a ação."
 B "Tá... Aqui a gente vê porque deve ter alguma luz entrando nas frestas."
 C "Achei que o estudo sobre a luz seria mais fácil, mas pelo visto, não vai ser."
 A "Porque você acha isso?"
 C "Porque existem muitas luzes!"
 A "Cite algumas."
 C "A luz solar, a luz gerada pelos ventos, pelas usinas, a luz elétrica, a luz dos objetos... É muita luz."

SE FECHARMOS TODAS AS JANELAS E PORTAS, APAGARMOS AS LUZES NÃO VAMOS VER NADA.
 AQUI A GENTE VÊ PORQUE DEVE TER ALGUMA LUZ ENTRANDO NAS FRESTAS.
 ACHEI QUE O ESTUDO SOBRE A LUZ SERIA MAIS FÁCIL, MAS PELO VISTO, NÃO.
 EXISTEM MUITAS LUZES!
 A LUZ SOLAR
 A LUZ GERADA PELOS VENTOS
 A LUZ GERADA PELAS USINAS
 A LUZ ELÉTRICA
 A LUZ DOS OBJETOS

**APÊNDICE C - ROTEIROS DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS
REALIZADAS COM OS ALUNOS.**

ROTEIRO 1 – Da caixa de sapato à câmera fotográfica

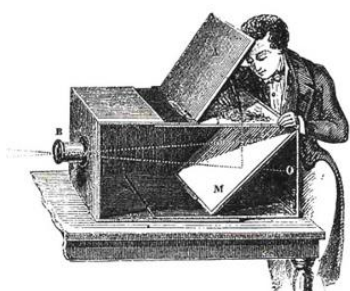


Fig 1: Primeira máquina fotográfica.

A ORIGEM DA MÁQUINA FOTOGRÁFICA: A CÂMARA ESCURA

Captar e registrar imagens tornou-se possível com as primeiras máquinas fotográficas: as câmaras escuras (Fig 1).

Mas o que é uma câmara escura?

Nada mais é do que uma caixa preta com um pequeno furo em uma das faces para a entrada de luz. Na face oposta ao orifício será formada a imagem de cena que se quer registrar. Essa imagem poderá ser observada caso a face oposta àquela com o orifício seja substituída por um material adequado, como papel vegetal (Fig 2.).

Qualquer objeto em frente à câmara escura reflete luz, em todas as direções, que ultrapassa o orifício, constituindo-se no que denominamos **fonte secundária** de luz. Num ambiente externo, a **fonte primária** de luz pode ser o Sol. Num ambiente interno, a fonte de luz primária pode ser uma lâmpada.

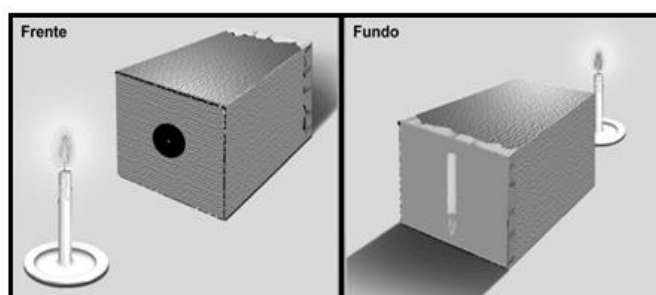


Fig 2. Esquema demonstrativo da câmara escura.

PARTE 1

VOCÊ SABIA QUE USANDO UMA LATA DE LEITE EM PÓ OU CAIXA DE SAPATO PODEMOS CONSTRUIR UMA CÂMARA ESCURA?

Basta fazer um furinho (orifício) com um prego no fundo da lata, ou da caixa de sapato, revestir a parte interna com cartolina ou papel preto e usar papel vegetal no lugar da tampa. Desta forma, as imagens poderão ser vistas no papel vegetal (Fig 3).

VAMOS CONSTRUIR UMA CÂMARA ESCURA E IDENTIFICAR AS CARACTERÍSTICAS DA IMAGEM FORMADA?

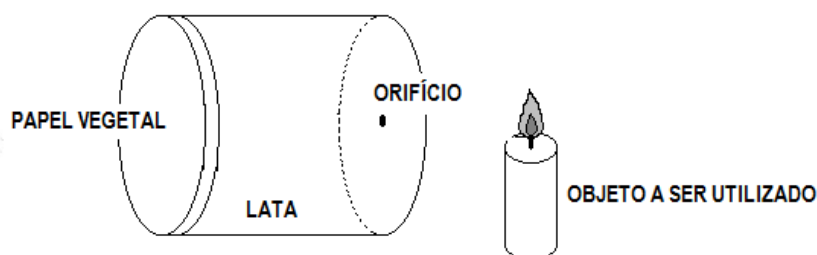


Fig 3: Demonstração de como ficará a câmara escura construída com lata de leite em pó.

Nas máquinas fotográficas atuais, assim como em nossos olhos, as imagens formadas têm as mesmas características daquelas obtidas com a câmara escura.

PARTE 2

Como você explicaria a situação abaixo?

Se o orifício da câmara escura for pequeno (aproximadamente 1,0 mm), as imagens obtidas serão bem nítidas. O problema será a pouca quantidade de luz que penetra na câmara nessas condições. Isso fará com que a imagem produzida tenha pouca luminosidade. Se fizermos um orifício maior, a quantidade de luz aumentará, mas a imagem perderá a nitidez ou definição.

Durante a Idade Média, a câmara escura foi utilizada também para o estudo de fenômenos ópticos. Em 1544, o médico e físico holandês Gemma Frisius, para estudar o eclipse solar, utilizou como uma câmara escura um quarto com um orifício em uma das paredes.

O tamanho da imagem formada na parede tem relação com a distância entre o orifício e a parede em que se forma a imagem. Além disso, o tamanho do objeto e a distância entre ele e a câmara influenciam no tamanho da imagem formada. Essas relações podem ser expressas matematicamente por:

$$\frac{h_i}{h_o} = \frac{D_i}{D_o}$$

Onde: h_i é a altura da imagem.

h_o é a altura do objeto.

D_o é a distância do objeto à câmara.

D_i é a distância da imagem até o orifício.

PARTE 3

- 1. Calcule o tamanho da imagem formada na sua câmara escura!**
- 2. Resolva a situação abaixo:**

“Uma pessoa de 1,60 m de altura é captada por uma câmara escura de orifício de forma cúbica, cujos lados têm 30,0 cm. A que distância da pessoa a câmara está, sabendo-se que sua imagem tem 25,0 cm de altura?”

Para registrar uma cena com uma câmara escura é necessário um intervalo de tempo de exposição muito grande por causa da pouca quantidade de luz que penetra no orifício. Se a cena ou o objeto estiverem em movimento, a imagem perderá a nitidez. Para solucionar esse problema, nas máquinas fotográficas, foi instalada uma lente no orifício. Por serem maiores, as lentes permite maior entrada de quantidade de luz sem perda de definição das imagens, o que possibilita registros de cenas com tempo de exposição menor. Mais adiante, faremos um estudo detalhado sobre lentes.

PARTE 4

Por que a câmara escura de orifício produz imagens de cabeça para baixo, com os lados, direito e esquerdo invertidos, quando observadas por trás do anteparo?

Qual é a principal limitação da câmara escura, que a impossibilita de ser utilizada para fotografar? Justifique.

PARTE 5

Você gostou da proposta desta atividade prática? Por quê?

A estrutura deste “roteiro” de laboratório lhe chamou atenção? Por quê?

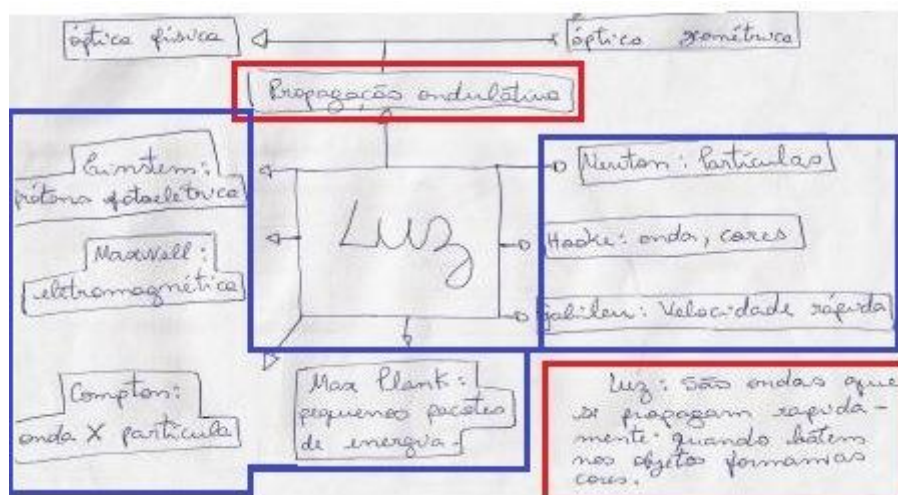
Avalie o que poderia ser mudado nesta proposta de atividade para torná-la mais (ou, ainda mais) interessante.

Roteiro Elaborado por Talissa Rodrigues

Fonte: TOSCANO. C; GONÇALVES FILHO. A; Física para o Ensino Médio, Vol. Único, Ed. Scipione. São Paulo. 2002. 480p.

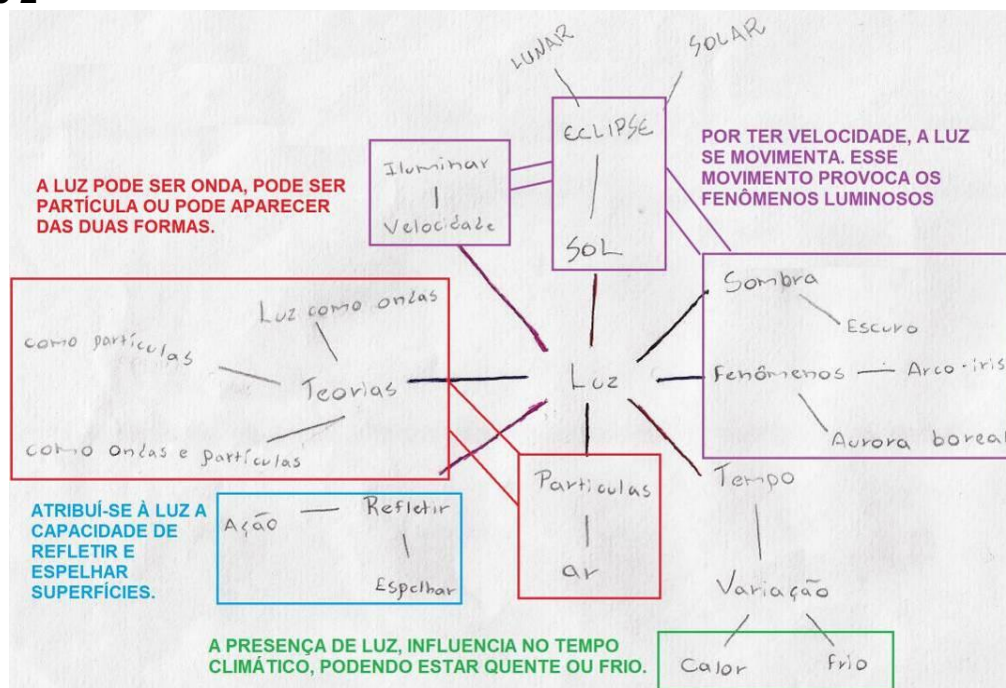
**APÊNDICE D - ANÁLISE DAS NOVAS IDEIAS SOBRE A
NATUREZA DA LUZ NOS MAPAS CONCEITUAIS, PRODUÇÕES
TEXTUAIS E ARTÍSTICAS DOS ALUNOS.**

Grupo 1

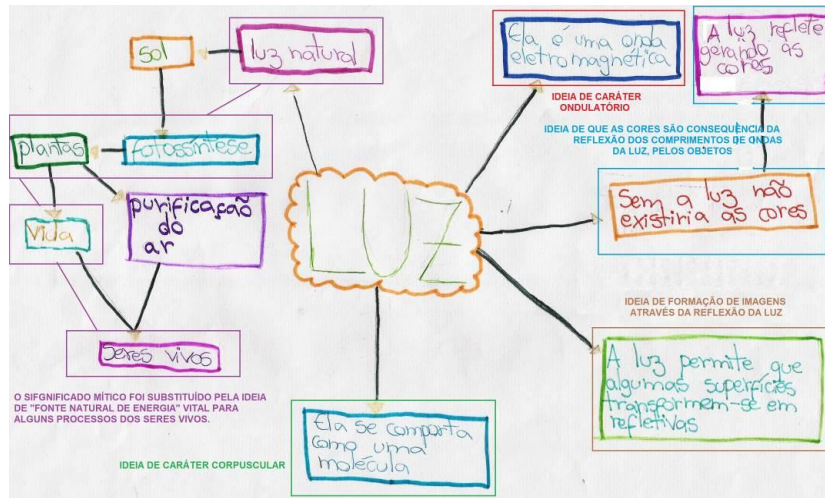


A nova ideia apresentada no mapa conceitual é a de que a luz é uma onda e que é responsável pela cor formada nos objetos. Mas também pode ser representada como pequenos pacotes de energia (fótons), como alguns cientistas a apresentavam.

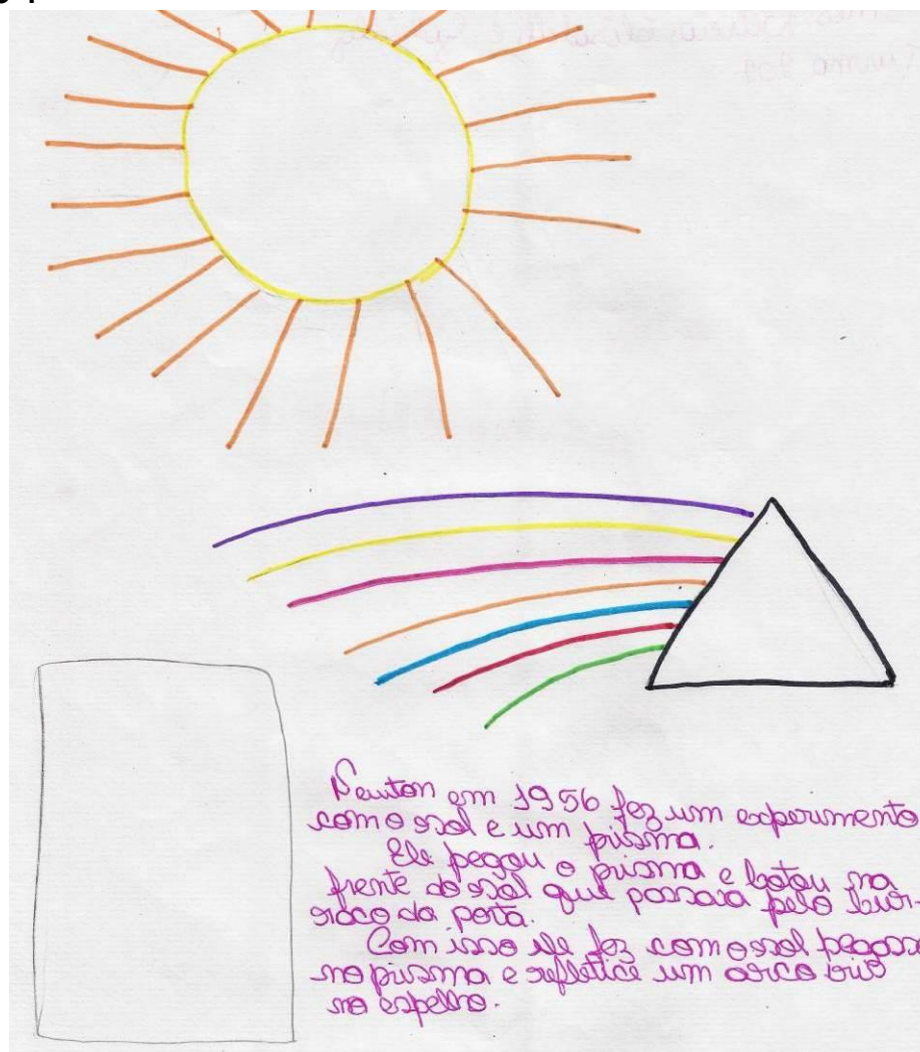
Grupo 2



Grupo 3



Grupo 4



Grupo 5

Luz

Embora tenhamos aprendido muitas outras coisas sobre o que é a luz, acho que minha teoria que inclui elementos químicos não está muito longe/diferente da realidade. Eu fa tinha ideia de como surgia essa luminosidade e então eu aprendi como isso acontece. A luz se propaga através de ondas magnéticas que vão se instalando e dando cores aos objetos, sim a luz é que dá cor ao objeto, dependência das cores que ela dá ao objeto vivem. Vi também que existem vários tipos de iluminação e que essas são utilizadas no nosso dia-a-dia em coisas simples e não simples. A luz pode ser natural e artificial. Enfim ainda há muitas coisas para se aprender e pesquisas.

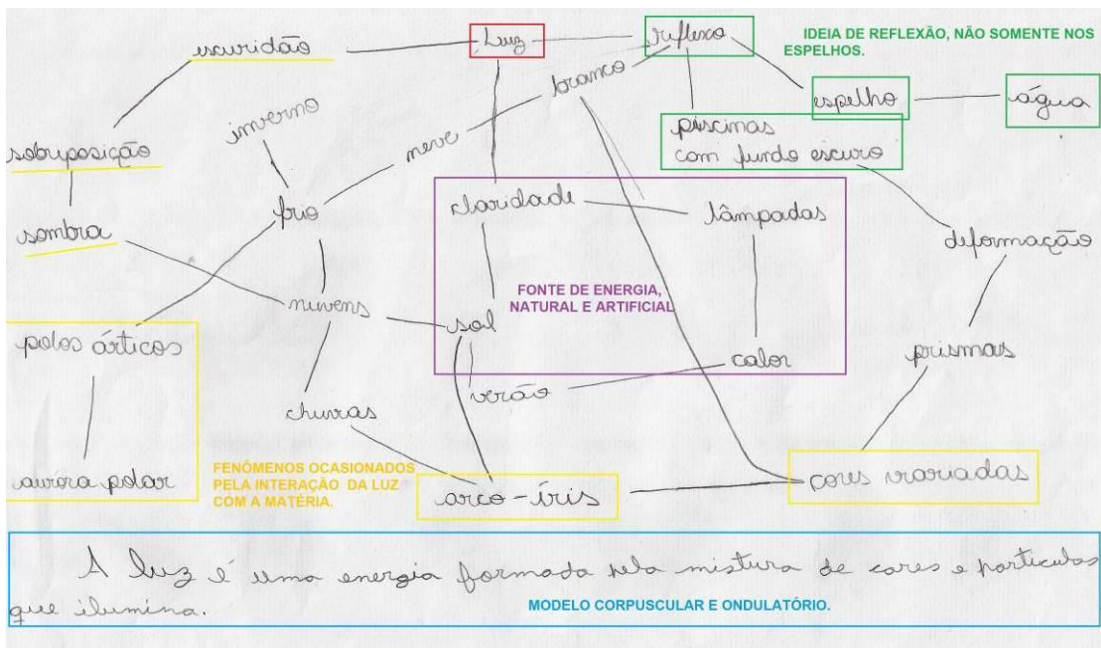
RESISTÊNCIA DA IDEIA DE QUE A LUZ É COMPOSTA POR ELEMENTOS QUÍMICOS.

A LUZ SE PROPAGA COMO ONDAS QUE SE "INSTALAM" (NOÇÃO DE BANHO DE LUZ) E DÃO CORES AOS OBJETOS.

A LUZ É QUE DÁ COR AO OBJETO E ISSO DEPENDE DA COR QUE ELA DÁ AO OBJETO NA INTERAÇÃO E DA COR QUE O OBJETO POSSUI.

FONTE DE LUZ NATURAL E ARTIFICIAL

Grupo 6

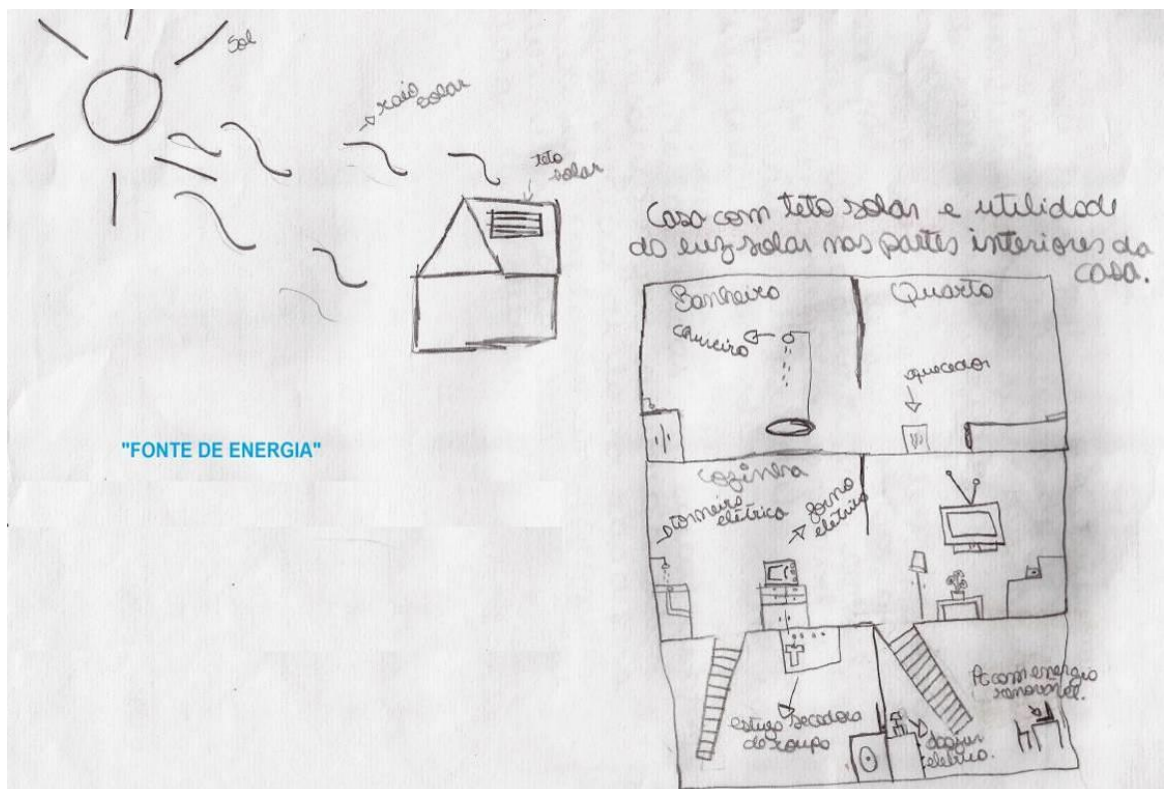


A luz é uma energia formada pela mistura de cores e partículas que ilumina.

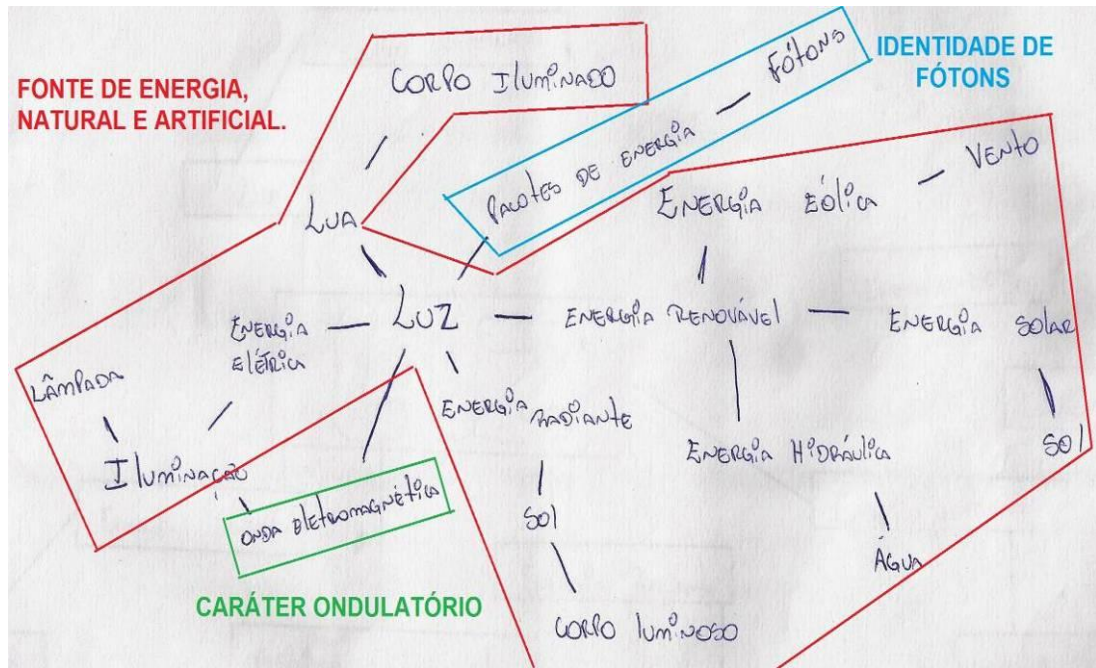
Grupo 7



Grupo 8



Grupo 9



Grupo 10

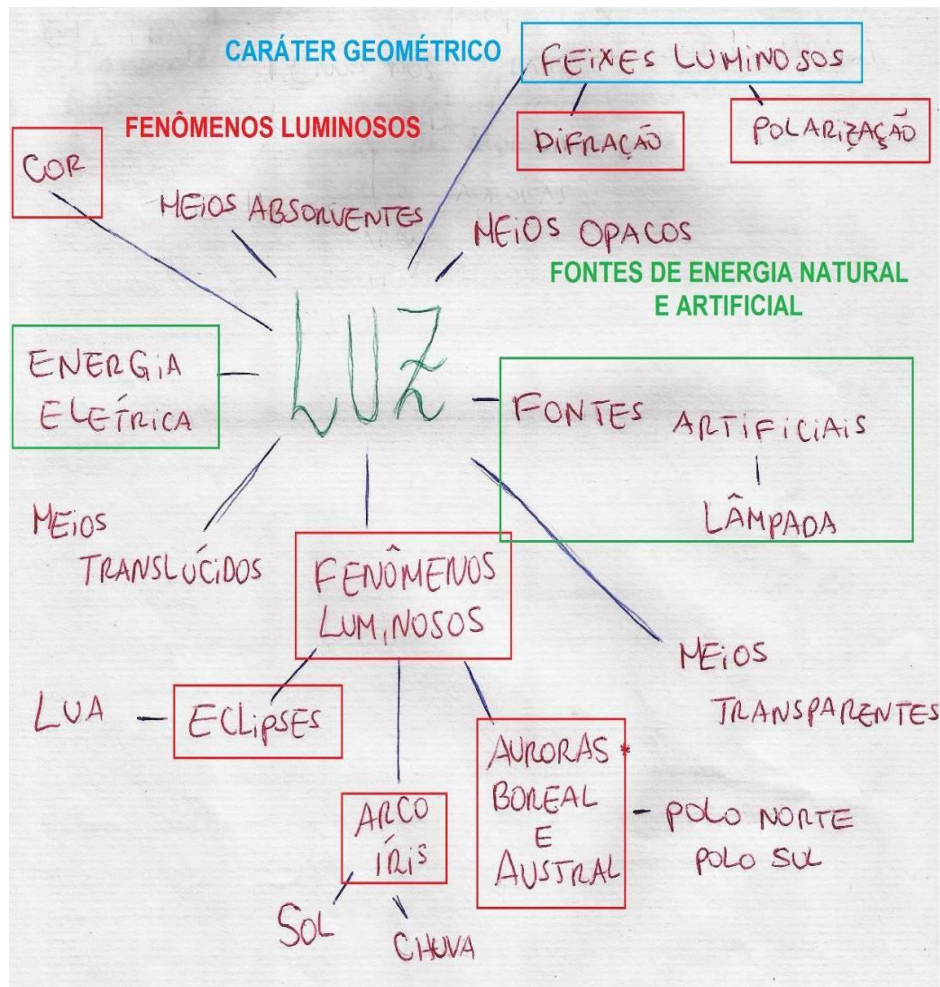
Além da nossa primeira opinião sobre a luz sabemos que existem várias formas de luz, como a luz matéria e os fenômenos luminosos que aprendemos nas aulas seguintes do primeiro trabalho, então temos alguns exemplos sobre isso, como: O sol, o eclipse, a aurora polar, a aurora boreal e fenômenos de luz-matéria que é a reflexão da luz sobre os objetos.

A luz é tratada até nós através de ondas eletromagnéticas.

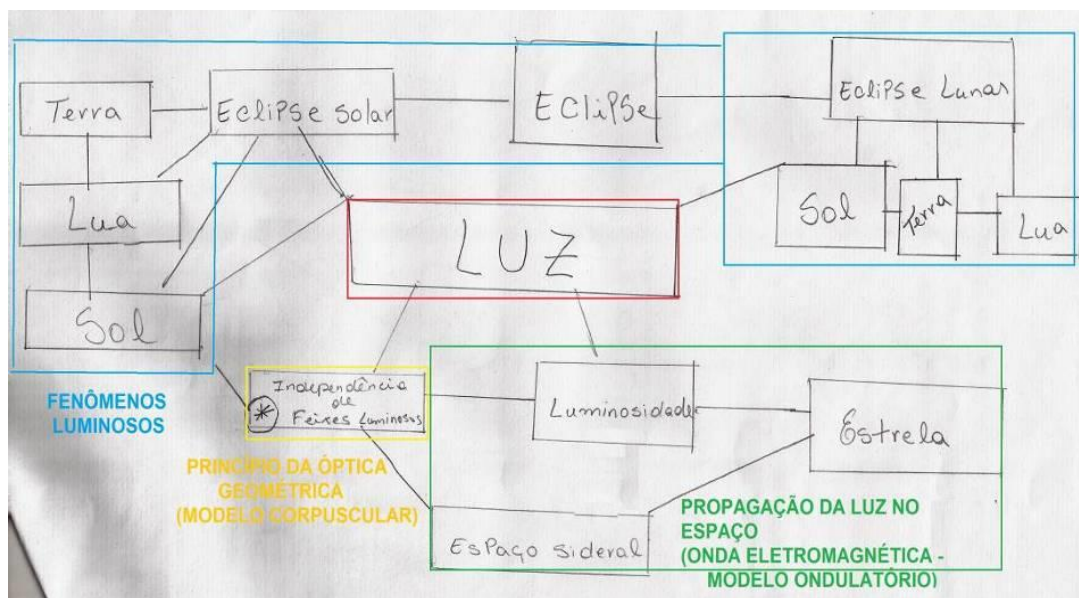
EXISTEM VÁRIAS FORMAS DA LUZ SE MANIFESTAR: ATRAVÉS DO SOL, ECLIPSES, AURORAS POLARES E REFLEXÃO DA LUZ SOBRE OS OBJETOS.

CARÁTER ONDULATÓRIO

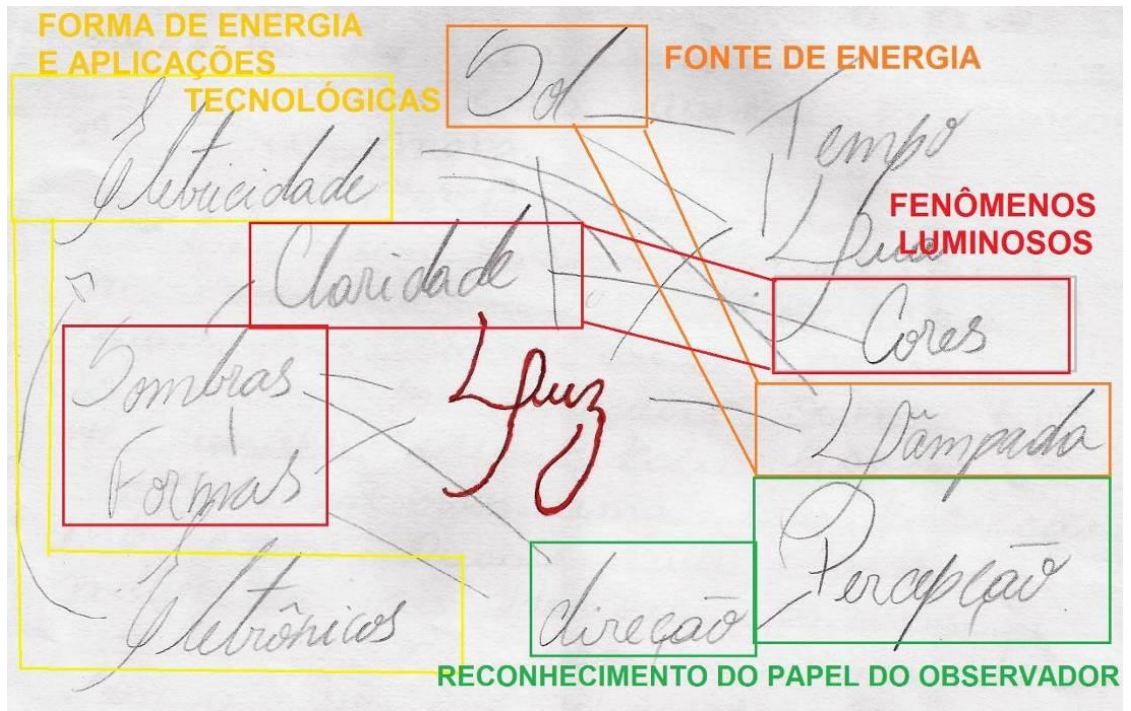
Grupo 11



Grupo 12



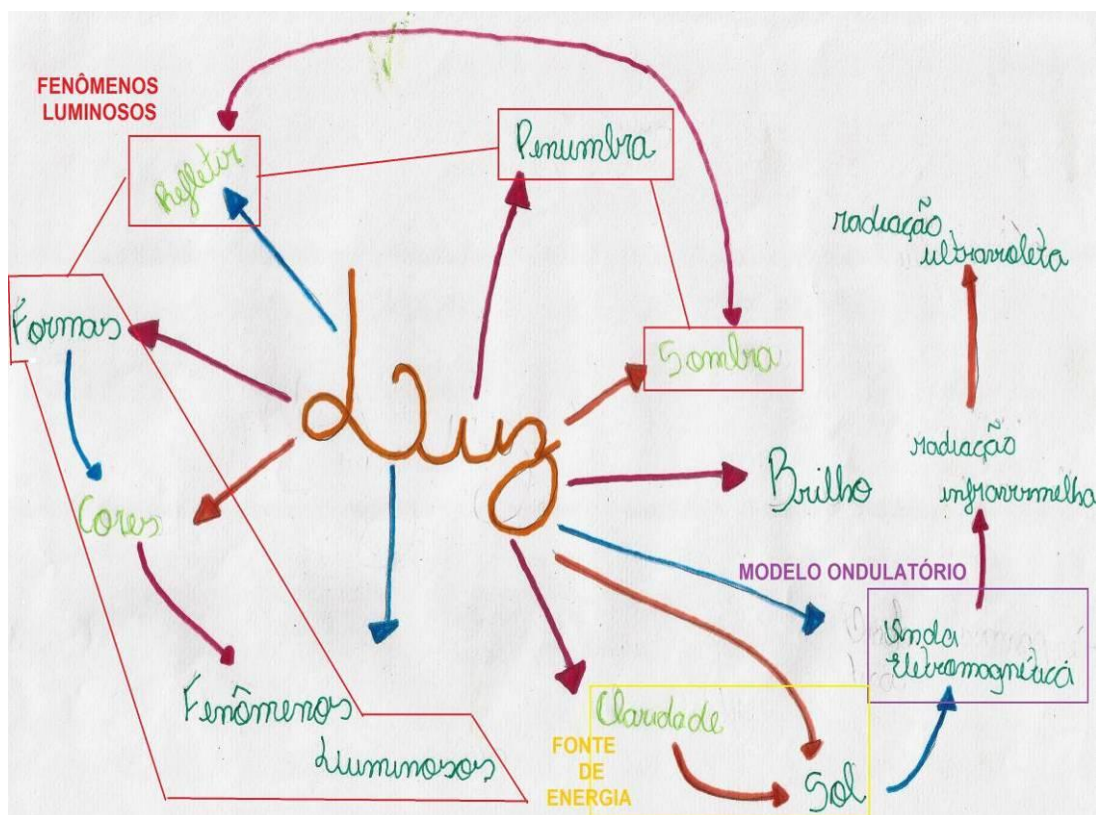
Grupo 13



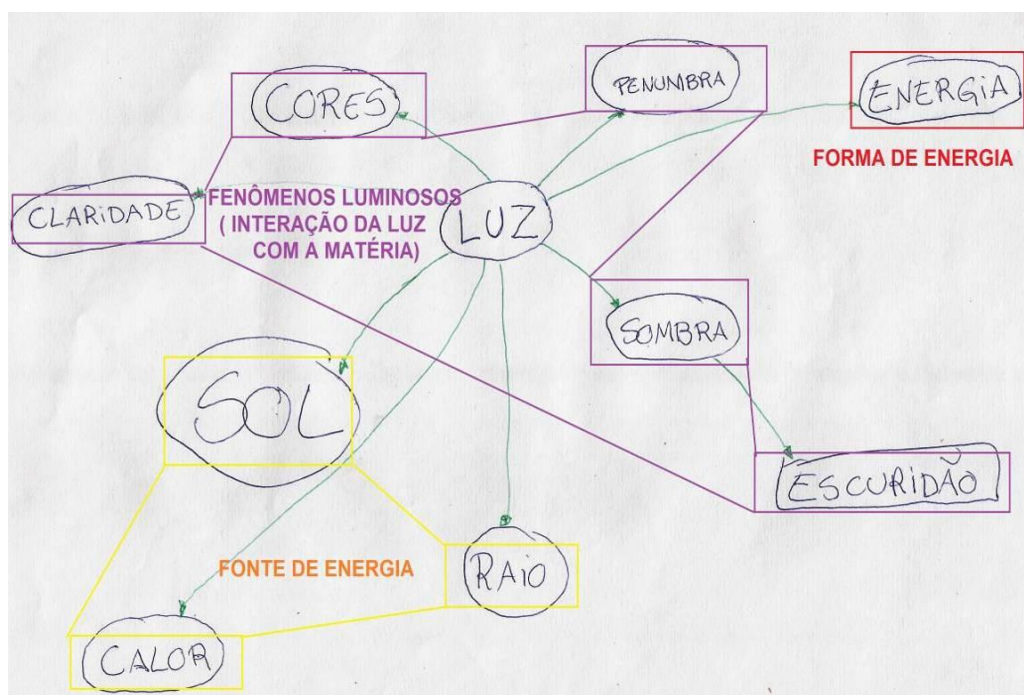
Grupo 14



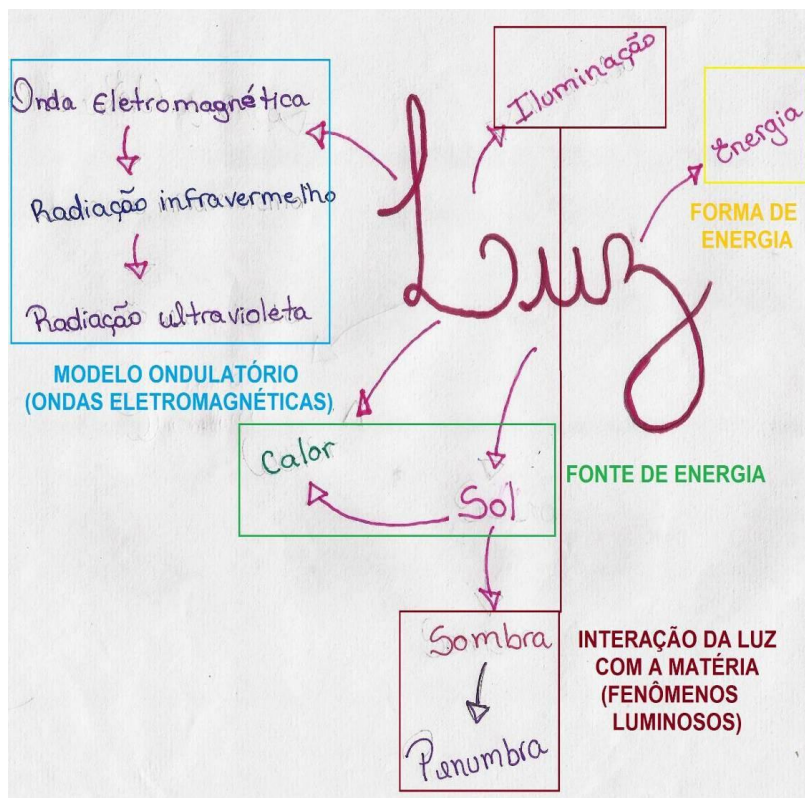
Grupo 15



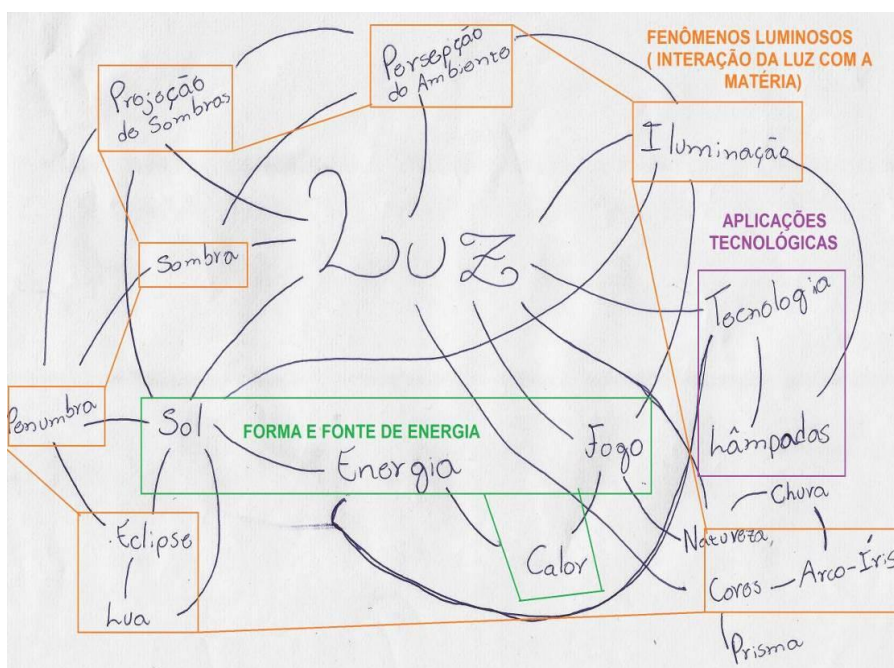
Grupo 16



Grupo 17



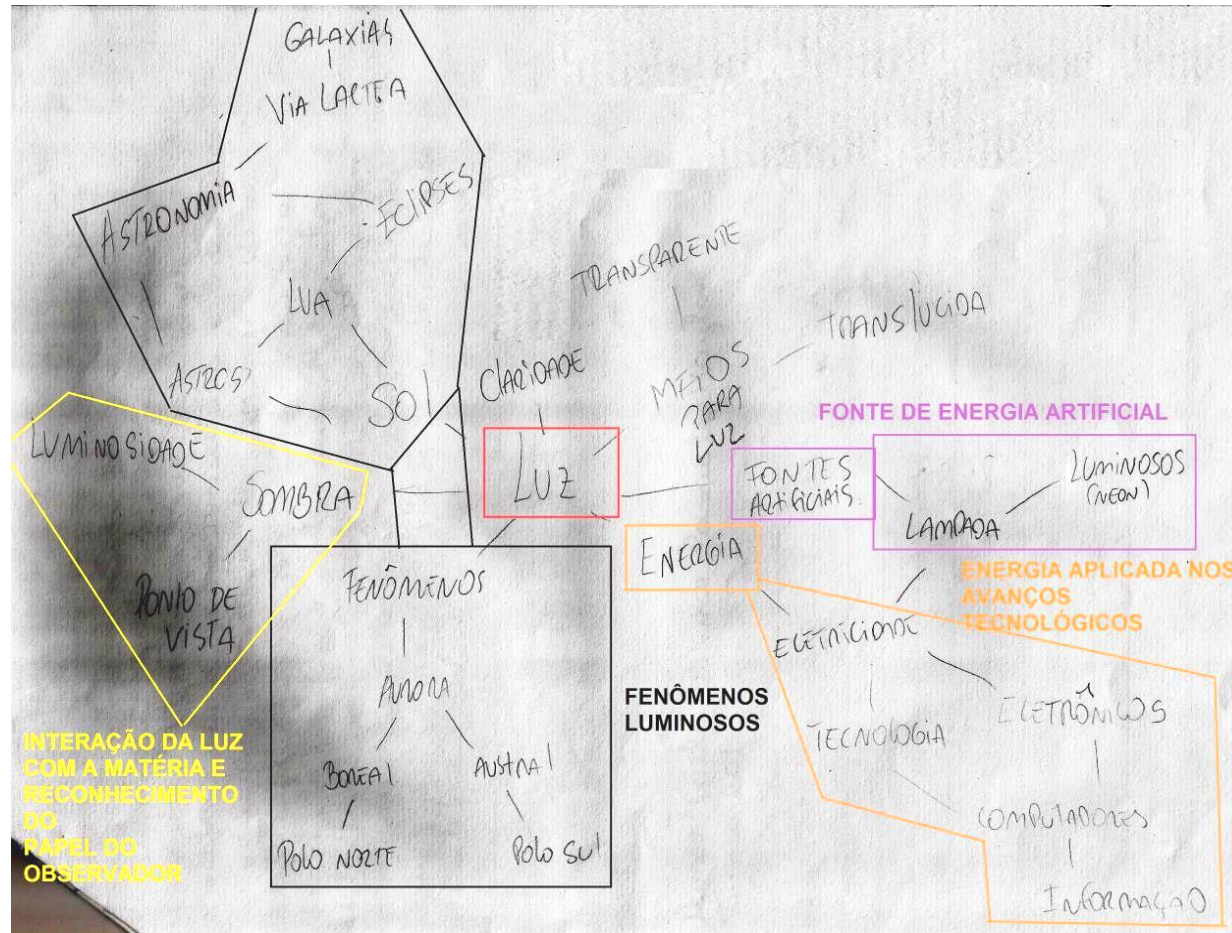
Grupo 18



Grupo 19



Grupo 20



**APÊNDICE E - CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA AVALIAR O OS
ALUNOS NO FINAL DO TRIMESTRE LETIVO.**

Os critérios do quadro 4 foram considerados para avaliar o aprendizado do aluno ao longo do trimestre letivo. Esses critérios seguem os padrões pré-definidos pelo Ensino Médio Politécnico Integrado, implantado no Rio Grande do Sul desde 2012. Tais critérios são definidos como CRA (condições restritas de aprendizado) que define que serão necessárias novas atividades, pois o aluno mostrou que seu conhecimento, em relação ao que foi trabalhado, é restrito (limitado). O critério CPA (condições parciais de aprendizado), onde o conhecimento demonstrado é parcialmente satisfatório, no sentido de ter compreendido e ter efetuado somente parte das conexões exigidas pelo professor. Por fim, CSA (condições satisfatórias de aprendizado) que define o conceito satisfatório no aprendizado, aquele em que o aluno consegue atingir não só as metas estipuladas pelo professor, bem como, ir além e mostrar que não só houve compreensão daquilo que foi trabalhado, mas também a compreensão da sua manifestação no cotidiano.

Quadro 4: Critérios de avaliação ao término do trimestre letivo

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	CONCEITOS		
Demonstrou através de seu discurso em sala de aula, bem como produções, o conhecimento dos estudos que buscam compreender a natureza da luz.	CSA	CPA	CRA
Demonstrou através de seu discurso em sala de aula, bem como produções, a compreensão na linguagem numérica da Óptica geométrica.	CSA	CPA	CRA
Demonstrou habilidade para identificar, no dia a dia, padrões de imagens estudadas na Óptica geométrica, bem como os fenômenos luminosos.	CSA	CPA	CRA
Demonstrou evolução, ainda que com algumas restrições, nas ideias iniciais que se referem à natureza da luz, mostrando que houve a compreensão do caráter dual.	CSA	CPA	CRA
Mostrou ter autonomia para formular suas ideias quanto à natureza da luz, bem como utilizar argumentos científicos para defendê-las.	CSA	CPA	CRA
Mostrou-se envolvido e dedicado para busca de solução dos problemas/desafios propostos durante as aulas.	CSA	CPA	CRA
RESULTADO FINAL	CSA	CPA	CRA