

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

JOSIAS ROGERIO PAIVA

**MÚTIPLAS REPRESENTAÇÕES NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO  
CIENTÍFICO ESCOLAR**

SÃO PAULO

2015



JOSIAS ROGERIO PAIVA

**MÚTIPLAS REPRESENTAÇÕES NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO  
CIENTÍFICO ESCOLAR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Faculdade de Educação e do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ensino de Ciências, na Modalidade Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho

São Paulo  
2015

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

### FICHA CATALOGRÁFICA

**Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação do Instituto de Física da  
Universidade de São Paulo**

Paiva, Josias Rogerio

Múltiplas Representações na Construção do Conhecimento Científico Escolar. – São Paulo, 2015.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho

Área de Concentração: Ensino de Ciências

Unitermos: 1. Física – Estudo e Ensino; 2. Representação; 3. Ensino e aprendizagem; 4. Gestos; 5. Argumentação; 6. Desenho

USP/IF/SBI-009/2015

JOSIAS ROGERIO PAIVA

MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES EM UM PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO  
CONHECIMENTO CIENTÍFICO ESCOLAR

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
Interunidades em Ensino de Ciências, na  
Modalidade Ensino de Física, do Instituto de Física,  
da Faculdade de Educação da Universidade de São  
Paulo.

Aprovado em \_\_\_\_\_

---

Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho  
(Orientadora – FE - USP)

---

Profa. Dra. Deise Miranda Viana (IF- UFRJ)

---

Prof. Dr. Paulo César de A. Raboni (UNESP)

---

Profa. Dra. Lúcia Helena R. Sasseron (FE-USP)

---

Profa. Dra. Thaís Cyrino de Mello Forato (Unifesp)

À minha família.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo que há em mim: minha história, este meu sonho conquistado e outros a conquistar.

Agradeço também:

À minha família, minha base para crescimento. Aos meus pais, Pedro Paiva e Maria Gomes Paiva. À minha esposa, Claudia, e aos meus filhos, Beatriz e Arthur, pela paciência em me dividir com livros, artigos e computadores. Aos meus irmãos: Renato e Cristina, Rosana e Marcos, Elizandra e Pedro, Paulo e Débora, Luciana e Rafael, e aos meus sobrinhos.

À minha orientadora, Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho, pela orientação, auxílio e paciência. Uma das pessoas de quem falo com muito orgulho de ter conhecido. É, para mim, um exemplo de ética, responsabilidade e compromisso com o trabalho e com o ensino de ciência.

Ao meu companheiro Nelson Barrelo Junior, um grande amigo nestes últimos anos de trabalho.

Aos professores com os quais tive contato durante minha vida acadêmica, principalmente na USP: Mauricio Pietrocola, Lúcia Sasseron, Cristiano Mattos, Élio Ricardo, Nobuko Ueta, Osvaldo Pessoa Jr., Jesuína Pacca, Isabel Martins, Luís Carlos Menezes.

Aos vários amigos do LaPEF e do Instituto de Física: Wellington, João, André, Sidnei, Tadeu, Andrey, Lucélia, Paulo Raboni, Arthur, Tatiane, Carla, Luciana, Seiji, Emerson, Viviane, Candida Capechhi, Alexandre, Ruy, Cristina Paternostro, Maxwell, Guilherme, Estevan, Alex, Jacson, Nicole, Sidney, Amanda, Jorge, Osvaldo, Érika, Carolina, Fabio, Luís Paulo, George, Vitor, Élcio, Lucélia, Leandro, Marianizete, Vivane, Ivan Gurgel, Ivani, Thaís, Renata, Sidnei Percia, Laís, Felipe, Bruno.

## RESUMO

PAIVA, Josias Rogério. Múltiplas Representações na Construção do Conhecimento Científico Escolar. São Paulo, 2015. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências, na Modalidade Ensino de Física) – USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Essa pesquisa inicia-se pela consideração na literatura da área, de ensino de física, sobre as perspectivas dadas a algumas formas de representações, no contexto da construção do conhecimento científico, realizada no campo dos especialistas e nas pesquisas que relatam a sala de aula. As representações visuais distinguíveis nesta pesquisa são as esboçadas pelos alunos, as que se notam na simulação computacional e as gestuais: os gestos além das representações gestuais icônicas possibilitam mediações com outras representações empregadas em aula, por isso, serão considerados os gestos dêiticos, os movimentos ergóticos e epistêmicos; outra forma observada de mediação para a construção de conhecimento serão as analogias empregadas. Entre as hipóteses desta pesquisa está, que a sala de aula em que se propicia um ensino, onde mais se evidencia tanto a construção de conhecimento, quanto um caráter multimodal de representações será aquela cuja metodologia empregada é de “ensino por investigação”. Em face disso, definem-se as características desse ensino, desde suas concepções históricas iniciais quando compreendidas como a aplicação do método científico, com problema, hipóteses, teste das hipóteses e conclusão, até as concepções contemporâneas em que se consideram aspectos da natureza da ciência, além da argumentação, a multimodalidade e as relações CTS. Para a representação verbal, expressando tanto o conhecimento construído quanto as reflexões sobre o processo de construção, considerou-se se a fala dos alunos se enquadra no padrão hipotético-dedutivo apresentado por Lawson (2002; 2004). Os dados para a realização desta pesquisa provêm da observação e de materiais produzidos em sala de aula bem como das transcrições do registro audiovisual dessas aulas. Categorizadas as representações e classificadas quanto à sua posição junto a elementos dos padrões de argumentação hipotético-dedutivo, apresentar-se-á uma solução para o problema “Como múltiplas representações atuam na construção do conhecimento científico em sala de aula.” Múltiplas representações e interações foram usadas principalmente na proposição da hipótese e no planejamento e execução dos testes; o emprego de atividade favorecendo o uso de várias representações não qualifica um ensino como investigativo; se colocado à disposição, os alunos utilizam em suas atividades, principalmente nas construções de conhecimento; as transições entre as formas de mediação e de representações obedecem a um padrão de continuidade e de uniformidade.

**Palavras-chave:** Múltiplas representações. Ensino por investigação. Ensino de Física. Argumento hipotético-dedutivo. Gesto. Desenho.

## ABSTRACT

This research begins by considering the literature in the field of physical education on prospects given to some forms of representations in the context of construction of scientific knowledge, carried out in the field and experts in research that reports the classroom. The distinguishable visual representations in this research are the pictorial outlined by the students, the visually represented in computer simulation and sign iconic representations; gestures beyond the iconic gestural representation possible mediations with other representations used in class, so they are considered the deictic gestures, ergot and epistemic movements; other form of mediation for the construction of knowledge will be the use of analogies. Among the hypotheses of this research is that the classroom that provides an education, where the evidence of both the construction of knowledge, as a multimodal character representations will be the one whose methodology is “learning by inquiry”. So let's define the characteristics of this teaching, from their initial historical conceptions when understood as the application of the scientific method, problem, hypothesis, testing of hypotheses and conclusion, to contemporary conceptions that also consider aspects of science nature beyond argument, multimodality and CTS relations. For verbal representation, expressing both knowledge built as reflections on the construction process, we consider how the speech of students falls within the hypothetical-deductive pattern presented by Lawson (2002 and 2004). Data for this survey out of observation and materials produced in the classroom, in addition to transcripts of audio-visual record of these classes. Categorized representations and classified according to their position along the elements of the hypothetical-deductive reasoning patterns, we present a solution to the problem “How multiple representations work in the construction of scientific knowledge in the classroom”.

Keywords: Multiple representations. Education for inquiry. Physical Education. Hypothetical-deductive argument. Gesture. Drawing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Primeiro desenho da Lua feito por Thomas Harriot .....	32
Figura 2a – Imagens das fases da lua, com autoria atribuída a Galileu.....	33
Figura 2b – A superfície lunar representada no livro <i>Sidereus Nuncius</i> .....	33
Figura 3 – O segundo desenho de Thomas Harriot da superfície lunar.....	34
Figura 4 – Esquema desenhado por Einstein em uma carta para um amigo .....	35
Figura 5 – Representações da interação entre elétrons .....	37
Figura 6 – Representação do caminho óctuplo .....	38
Figura 7 – Representação pictórica de um grupo de de.....	42
Figura 8 – Penetrações das radiações na matéria (à esquerda) .....	44
Figura 9 – Esquema do padrão de argumentação de Toulmin com D,W e C.....	70
Figura 10 – Padrão de argumentação de Toulmin com D,W,B,R,Q e C.....	70
Figura 11 – A proposta da atividade no TAP .....	91
Figura 12 – Fotografia dos alunos simulando o encaixe dos dentes de uma engrenagem .....	121
Figura 13– Fotografias dos turno T.122 .....	132
Figura 14 – Fotografias do turno T.140.....	137
Figura 15 – Fotografias do turno T.162.....	139
Figura 16 – Fotografias do turno T.198.....	140
Figura 17 – Desenho do grupo.....	146
Figura 18 – Desenhos de todos os grupos .....	148
Figura 19 – Ilustração do applet .....	156
Figura 20 – A proposta da atividade no padrão de argumentação de Toulmin .....	174

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Frequência dos materiais citados no levantamento das hipóteses.....	106
Gráfico 2 - Interações iniciais.....	110
Gráfico 3 - Interações do turno T.6 ao turno T.62.....	111
Gráfico 4 - Interações do turno T.63 ao turno T.161.....	136
Gráfico 5 - Interações do turno T.173 ao turno T.273.....	152
Gráfico 6 - Interações do turno T.273 ao turno T.441.....	154
Gráfico 7 - Modos semióticos empregados pelo professor.....	169
Gráfico 8 - Interações do turno T.246 ao turno T.320.....	190
Gráfico 9 - Panorama dos gráficos referente as interações.....	209

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comunicação multimodal.....	43
Quadro 2 - Sequência didática – dualidade onda-partícula .....	78
Quadro 3 - Transcrição da aula 1, turno 1 .....	86
Quadro 4 - Transcrição da aula 1, turno 3 .....	87
Quadro 5 - Perguntas de identificação .....	93
Quadro 6 – Perguntas sobre funções de partes da caixa .....	93
Quadro 7– Perguntas sobre a localização de partes da caixa.....	94
Quadro 8 – Perguntas sobre ações referentes ao desenho .....	95
Quadro 9 – Representações e mediações relativo ao problema.....	96
Quadro 10 – Representações e mediações nas considerações iniciais.....	97
Quadro 11 – Representações e mediações para a esponja como hipótese.....	100
Quadro 12 – Destaque as mediações com movimentos epistêmicos.....	101
Quadro 13 – Movimentos epistêmicos para mediação dos testes da hipótese .....	102
Quadro 14 – Movimentos epistêmicos para mediação dos testes da hipótese II .....	105
Quadro 15 – Fluxo das mediações durante as primeiras interações com a caixa.....	109
Quadro 16 – A presença de um elemento com elasticidade na caixa .....	112
Quadro 17 – Analogia tendo como referente o mecanismo de uma bicicleta.....	116
Quadro 18 – Testes empregando movimentos ergóticos e epistêmicos .....	117
Quadro 19 - – Transição entre modos semióticos .....	118
Quadro 20 – Empregando representações gestuais icônicas .....	119
Quadro 21 – A analogia com o acoplamento de engrenagens.....	122
Quadro 22 – Refutações na analogia empregada.....	122
Quadro 23 – Demanda de atenção visual às representações pictóricas .....	125
Quadro 24 – Proposição da mola como hipótese.....	127
Quadro 25 – Uma nova classe de questões.....	129
Quadro 26 – Testes relacionados ao elástico .....	130
Quadro 27 – Procurando relação causal .....	131
Quadro 28 – A necessidade de completar um argumento .....	132
Quadro 29 – Fluxo das mediações durante o emprego de diversas analogias .....	135
Quadro 30 – O início da construção da representação pictórica.....	137
Quadro 31 – Para desvendar a função do prego .....	139
Quadro 32 – Ao comunicar o resultado parcial da investigação .....	139
Quadro 33 – Compreensão que o problema é aberto.....	141
Quadro 34 – Considerações sobre a estética da representação pictórica.....	143
Quadro 35 – Considerações sobre a legenda da representação pictórica .....	143
Quadro 36 – Fluxo das interações do turno T.173 ao turno T.273 .....	151
Quadro 37 – Fluxo das interações do turno T.274 ao turno T.427 .....	153
Quadro 38 – Seção da sequência didática sobre o efeito fotoelétrico .....	155
Quadro 39 – Seção da sequência didática sobre o efeito fotoelétrico .....	158
Quadro 40 – Apelo ao aspecto visual da simulação .....	158
Quadro 41 – Aplicação tecnológica do efeito fotoelétrico .....	160
Quadro 42 – Definição do efeito fotoelétrico .....	161
Quadro 43 – Classificação das perguntas .....	163
Quadro 44 – Panorama da categorização das perguntas.....	165
Quadro 45 – Várias recolocações de uma pergunta.....	166
Quadro 46 – Destaques à atenção dada ao aspecto visual do applet .....	170
Quadro 47 – Fluxo das interações com os vários modos semióticos .....	172
Quadro 48 – Retomada das orientações ao primeiro grupo.....	175

Quadro 49 – Um termo específico da ciência.....	176
Quadro 50 - Modos semióticos na orientação do professor .....	177
Quadro 51 – Orientação para leitura de detalhes do applet.....	179
Quadro 52 – Orientação sobre registro dos dados .....	181
Quadro 53 – Uma varredura no espectro exposto no applet.....	182
Quadro 54 – Alternando entre o topológico e o tipológico .....	185
Quadro 55 – Aspectos visuais relacionados à energia dos elétrons ejetados.....	187
Quadro 56 – Fluxo de interações dos alunos do grupo 2.....	191
Quadro 57 – Sugestão do professor para que os alunos façam uma tabela .....	192
Quadro 58 – Transcrição dos dados observados pelos alunos.....	193
Quadro 59 – A leitura da tabela .....	196
Quadro 60 – Encerramento da atividade .....	197
Quadro 61 – Representações e mediações na construção do raciocínio.....	204
Quadro 62 – Estrutura do raciocínio, representação e mediação.....	205
Quadro 63 – Graduação para as fases do processo investigativo .....	206
Quadro 64 – Graduação para as fases do processo investigativo .....	208

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Graduação para aspectos da Natureza da ciência .....	60
Tabela 2 - Graduação para o problema .....	64
Tabela 3 - Graduação para as hipóteses .....	65
Tabela 4 - Graduação para o plano de trabalho .....	67
Tabela 5 - Graduação para organização dos dados .....	67
Tabela 6 - Graduação para a análise e/ou conclusão .....	68
Tabela 7 - Graduação para o processo argumentativo .....	74
Tabela 8 - Valores do IDESP para a escola "Francisca Lídia de Araujo Pereira" .....	81
Tabela 9 - Graduação para o uso de múltiplas representações .....	85
Tabela 10 - Frequência de hipóteses sobre a presença de um elemento elástico .....	115
Tabela 11 - Frequência dos tipos de perguntas .....	166
Tabela 12 - Frequência de termos da ciência empregado pelo professor .....	168
Tabela 13 - Modos semióticos na expressão do professor .....	169
Tabela 14 - Modos semióticos empregado pelos alunos .....	191
Tabela 15 - Dados declarados pelos alunos .....	195

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAS	American Association for the Advancement of Science
BSCS	Biology Science Curriculum Study
CERN	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire - European Council for Nuclear Research / European Organization for Nuclear Research
CEU	Centro Educacional Unificado
Chem Study	Chemical Education Materials Study
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
EF	Ensino Fundamental
EM	Ensino Médio
ESS	Elementary Science Study
Fapesp	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
IBCEC	Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura
IDESP	Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
LaPEF	Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NRC	National Research Council
PSSC	Physics Science Study Committee
SARESP	Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo
SCIS	Science Curriculum Study
SEE	Secretaria da Educação do Estado
SEI	Sequência de Ensino Investigativo
TAP	Toulmin Argumentation Pattern (Padrão de argumentação de Toulmin)
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
USP	Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	18
<b>1 - MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES</b> .....	22
1.1 POR QUE VÁRIAS REPRESENTAÇÕES? .....	23
1.2 NO CONTEXTO DAS CONSTRUÇÕES CIENTÍFICAS .....	27
1.3 VARIADAS REPRESENTAÇÕES NAS CONSTRUÇÕES CIENTÍFICAS.....	31
1.4 O USO DE VÁRIAS REPRESENTAÇÕES NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO ESCOLAR.....	38
1.5 REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS .....	45
1.6 REPRESENTAÇÕES MATEMÁTICAS .....	47
1.7 REPRESENTAÇÕES GESTUAIS .....	50
<b>2 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO</b> .....	55
2.1 A ARGUMENTAÇÃO .....	68
<b>2.1.1 A argumentação empregando categorias de Toulmin</b> .....	69
<b>2.1.2 A argumentação empregando o padrão hipotético-dedutivo</b> .....	73
<b>3 METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....	75
3.1 OS DADOS DA PESQUISA .....	78
3.2 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	79
3.3 CARACTERIZAÇÕES DAS FONTES DOS DADOS .....	79
3.3.1 A caracterização da escola.....	79
<b>3.3.2 Caracterização do professor</b> .....	82
<b>3.3.3 Caracterizações dos alunos</b> .....	83
<b>3.3.4 Considerações em nossa análise</b> .....	83
<b>4 ANÁLISE</b> .....	86
4.1 AULA COM A ATIVIDADE “CAIXA PRETA” .....	86
<b>4.1.1 Primeiro episódio: a problematização</b> .....	86
4.1.1.1 A argumentação na proposta do professor .....	90
4.1.1.2 Para onde nos leva o problema .....	96
<b>4.1.2 Segundo episódio – os primeiros contatos dos alunos com o material</b> .....	97
<b>4.1.3 As transições durante as proposições das primeiras hipóteses</b> .....	107
<b>4.1.4 Terceiro episódio – o elástico</b> .....	112
<b>4.1.5 Quarto episódio – a bicicleta</b> .....	116
<b>4.1.6 Quinto episódio – a mola</b> .....	127
<b>4.1.7 Um olhar no fluxo das ações</b> .....	134
4.2 A CONSTRUÇÃO DO DESENHO .....	137
<b>4.2.1 O desenho dos alunos</b> .....	143
4.3 A SATISFAÇÃO DE FAZER CIÊNCIA .....	149
4.4 A TERCEIRA SEÇÃO DO FLUXO DE INTERAÇÕES .....	149
4.5 A AULA SOBRE O EFEITO FOTOELÉTRICO .....	154
<b>4.5.1 A simulação empregada</b> .....	156
<b>4.5.2 A proposição do problema</b> .....	157
4.5.2.1 Classificação para as formas de perguntas .....	162
4.5.2.2 Os modos de comunicações empregados pelo professor.....	168
4.5.2.3 A proposta do problema enquadrada no TAP .....	173
<b>4.5.3 Interação do professor com o grupo</b> .....	174
4.5.3.1 O primeiro grupo a usar o simulador.....	174
4.5.3.2 O segundo grupo a usar o simulador .....	177
4.5.3.3 A ação dos alunos junto ao applet .....	181
4.6 A ORGANIZAÇÃO DOS DADOS REFERENTES À SIMULAÇÃO.....	192

4.7 UM OLHAR TRANSVERSAL NAS ATIVIDADES .....	198
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	211
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	215
<b>ANEXOS</b> .....	224

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, durante a elaboração e o desenvolvimento de projetos temáticos financiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo (Fapesp) no Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF), da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), considerou-se necessária a implementação de novos conteúdos de física: conteúdos da física moderna e contemporânea nos cursos de Ensino Médio. Essa perspectiva de inserção de novos conteúdos surgiu durante a participação no grupo que elaborara um trabalho sobre o ensino de termodinâmica, no projeto *Melhoria da qualidade de Ensino de Física no Ensino Médio*, sob a coordenação da Professora Doutora Anna Maria Pessoa de Carvalho, e foi desenvolvido, posteriormente, nos trabalhos do referido grupo no projeto intitulado *A Transposição Didática das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula*, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Maurício Pietrocola. Procurou-se introduzir conteúdos de física moderna no Ensino Médio, inicialmente em dois módulos: Dualidade Onda-partícula e Física de Partículas.

Junto ao grupo, observou-se a necessidade de se validar com pesquisas no ensino de ciências algumas das atividades desenvolvidas e aplicadas em sala de aula. As pesquisas que me despertaram interesse foram àquelas relacionadas aos desenhos feitos pelos alunos. Um direcionamento para o estudo da importância dessa elaboração por parte dos alunos no ensino foi despertado pela leitura do texto de Lemke (1998), o qual me instigou ainda mais sobre a possibilidade de investigá-los ao declarar que os desenhos fazem parte da linguagem da ciência. O estudo do texto de Roth (2003), no qual é apresentado um conceito de transparência, relacionando o processo de construção do aprendizado de cientistas com o aprendizado em sala de aula, levando em conta que cientistas, no final de longas etapas de trabalho, descrevem características de um fenômeno nos traços de um gráfico.

Essas questões relacionadas ao uso de desenhos no ensino de física culminaram na dissertação de mestrado *Representações pictóricas no ensino de física moderna: uma construção dos alunos*, apresentada por este autor (PAIVA, 2010). Um dos pilotos no desenvolvimento da atividade, já na pesquisa do mestrado, foi a construção de desenhos a partir de um texto, recortado do livro *Deve ser Brincadeira, Sr. Feynman!*. Nesta obra, Feynman, questionado a respeito da imagem que tinha das ondas eletromagnéticas, passa a descrever as variadas representações pictóricas e gráficas que, comumente, encontram-se em livros didáticos ao expressarem grandezas físicas e as relações entre elas, associadas ao campo elétrico e ao campo magnético. Foram entregues descrições de Feynman, escritas em

três páginas, e solicitou-se a alguns professores que representassem todas as imagens expressas naquelas páginas. No livro, Feynman concluiu que não possuía uma imagem para representar esse ente físico, mas um conjunto de representações pictóricas, matemáticas e gráficas e que ao uni-las e transitar entre elas lhe davam a compreensão do que é a onda eletromagnética.

A utilização de diferentes representações para abordar o conhecimento consiste em uma prática comum no desenvolvimento das concepções científicas e na construção do ensino de ciências. Roth (2003) descreveu a prática do grupo de cientistas, da qual participou, em que, após a frequente ação experimental e tratamento dos dados utilizando um *software*, desenvolveu-se a competência de leitura das representações gráficas empregadas na pesquisa.

Tanto Feynman (2000) quanto Roth (2003) estão inseridos no contexto do ensino de ciências, abordando aspectos que tangem às linguagens empregadas no desenvolvimento do conhecimento científico. Nessas e em outras perspectivas de ensino de ciências, delineia-se um esforço no sentido de abandonar práticas extremamente tradicionais de ensino, que privilegiam a excessiva carga de exercícios com caráter exclusivamente na reprodução de operações matemáticas, as quais, muitas vezes, resultam em frustrações para a maioria dos alunos e na exaltação dos professores que conseguem resolvê-los.

Esse empenho em mudar o ensino de Física no Brasil tem provocado uma maior contextualização dos temas estudados. Além disso, o acesso à informação tornou-se mais democrático: muitos têm acesso a livros e outras mídias que promovem discussões científicas. Até para comunidades mais carentes, atualmente há livros, acesso à internet, e programações culturais e científicas em canais abertos e contratados por meio de assinatura. O acesso ao livro tem sido promovido por ação governamental através do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), que os fornece aos alunos durante o ano letivo, em uma forma de empréstimo. O principal objetivo do programa PNLD encontra-se expresso em sua página na internet: “subsidiar o trabalho pedagógico dos professores por meio da distribuição de coleções de livros didáticos aos alunos da educação básica”.

Nas universidades, as pesquisas sobre a evolução do ensino-aprendizagem, em diversos campos tanto quanto no ensino de ciências, são tema permanente. Entre os resultados desses esforços, está a editoração de novos conteúdos nos livros atuais. Outro aspecto de transformação dos livros é que se procura colocar o maior número de informações possível, às vezes envolvendo relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), para gerar referências atualizadas às construções dos significados no conteúdo da física. Vale ressaltar que determinados temas, em algumas obras didáticas para o Ensino Médio, vão ganhando

especificidades de cursos superiores. Alguns livros do Ensino Fundamental II apresentam profundidade peculiar ao Ensino Médio. E, principalmente, os conteúdos de física moderna e contemporânea são apresentados na forma de relatos, muitas vezes evidenciando rupturas, uma alteração de perfil, em relação às características das obras em que têm sido enxertados.

Pretende-se com este discurso, mostrar que o ensino de ciências, de física, tornou-se mais próximo ao aluno, à medida que outras organizações curriculares, materiais didáticos, e metodologias alternativas têm sido promovidos. O professor de física tem hoje a possibilidade de discorrer a respeito de diversos avanços científicos e tecnológicos noticiados diariamente nos meios de comunicação: a detecção do bóson de Higgs, em debate no domingo à noite na TV e em canal aberto; o modelo padrão; as experiências no CERN; a viagem e pouso da *Curiosity* em Marte; a queda de um meteorito na região de Tcheliabinsk na Rússia em fevereiro de 2013. Esses e outros temas são veiculados na TV, na internet e na escola. Sem dúvida, a divulgação em multimídias tem favorecido as discussões sobre a construção das ciências e sobre o ensino de ciências.

Hoje é mais difícil encontrar fórmulas sem contexto nos livros didáticos de educação básica, pois estão vinculadas a outras informações que auxiliam a compreensão do significado do conhecimento ali sistematizado. Nessa maneira contemporânea de se promover o conhecimento, as pesquisas acadêmicas apontam que merecem destaque a história da ciência, a multimodalidade, a epistemologia, a filosofia das ciências, as práticas experimentais, as ações investigativas, a dialogia, a forma como é feita a transposição didática, a argumentação, a enculturação científica e outras linhas abordadas em centros de pesquisa pelo país afora.

Em virtude dessas formas de compreender a promoção do conhecimento científico, reconhece-se que a epistemologia das ciências é permeada por construções multimodais. E, se na sala de aula vamos “fazer ciência” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; RODRIGUEZ; DUSCHL, 2000), as práticas epistêmicas da ciência devem estar presentes. Ferramentas mediadoras da construção do conhecimento científico devem desempenhar algum papel na construção do conhecimento científico escolar. Esse ensino já não pode ser simples exposição de novos conteúdos. Naturalmente, precisa-se caracterizar que concepção de ensino-aprendizagem está sendo considerada em sala de aula: De que sala de aula está se falando? Que aprendizagem está sendo considerada? Não a lógica de apenas resolver equações algébricas, sem associar a elas significados. Longe, portanto, de simplesmente decorar fórmulas.

O objetivo, ao se enveredar nesta linha de pesquisa, é compreender: Como essa riqueza de modos semióticos de comunicação é explorada na construção do conhecimento científico escolar? Como múltiplas representações são empregadas na mediação de

construções de conhecimento de ciências em sala de aula? Para responder a essas questões, serão mapeados os diferentes gêneros de representações visuais: os desenhos elaborados em aula; as imagens de applets em simulações; as representações gestuais durante a comunicação em sala de aula; as maneiras de interação com essas representações; e, finalmente, serão sublinhados os papéis que essas desenvolvem no discurso dos alunos e do professor.

No capítulo 1, destacam-se as pesquisas com foco nas muitas formas de linguagem e representação empregadas na construção do conhecimento científico, em duas abordagens: na área de ensino, que discorrem sobre situações no contexto da construção do conhecimento científico; e no ensino de ciências, cujo objeto de estudo está diretamente associado à sala de aula. Em seguida, tratam-se das representações específicas: representações imagéticas, mas de cunho pictórico, e esquemas; as representações gráficas; e as representações matemáticas. Sempre mantendo, nas duas abordagens, um olhar na epistemologia da ciência e outro na didática das ciências.

No capítulo 2, consideram-se os referenciais sobre o ensino por investigação, pois na promoção de um ensino por investigação é que potencialmente haverá todos os objetos a serem tomados como dados para esta pesquisa. No capítulo 3, há a descrição da sequência didática: a metodologia empregada na pesquisa; a caracterização do professor, da escola e da sala de aula; e a forma de tomada de dados.

No capítulo 4 encontra-se a análise: na primeira seção, a análise da atividade com a caixa preta; na segunda seção a análise da atividade empregando a simulação do efeito fotoelétrico; e na última seção do capítulo, um olhar transversal baseado nos elementos de um ensino por investigação.

## 1 MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES

A premissa deste trabalho é que o conhecimento científico se constrói empregando várias representações. Um único gênero de linguagem não suporta expressar todas as especificidades dos vários conceitos da ciência. Os profissionais de ciências possuem essa competência de empregar várias representações ao trabalhar com um conceito, e aos alunos devem ser propiciadas condições para que desenvolvam tal competência. Ao longo desta tese, discorrer-se-á sobre o uso de diferentes representações para descrição e compreensão de conceitos científicos no processo de ensino-aprendizagem em sala de aula, e em contextos em que as construções dos especialistas em ciências revelam aspectos de seu processo de cognição.

Na primeira abordagem, associada a situações de cognição dos alunos, assume-se como necessária para uma educação eficaz no contexto das ciências, onde se destaca a meta proposta por Lemke:

O idioma natural de ciência é uma integração sinérgica de palavras, diagramas, desenhos, gráficos, mapas, equações, tabelas, esquemas, e outras formas de expressão visual e matemática. [...] A meta de educação de ciência, que quero discutir, deveria ser capacitar os estudantes para usar tudo destas linguagens de modos significantes e apropriados, e, acima de tudo, poder integrá-los funcionalmente na conduta de atividade científica (LEMKE, 2002b, p. 166-168).

Para observar essa integração sinérgica, vão se captar como dados na pesquisa as palavras, os diagramas, os desenhos, os gráficos, as possíveis formas de interação dessas variadas representações e destacar como se associam à construção de um conceito estudado. A segunda abordagem a ser tecida envolve a cognição dos alunos, mas o contexto de considerações está voltado para o relato das construções do conhecimento científico, associado aos específicos modos semióticos relevantes. A fim de se compreender a perspectiva desse enfoque, nesta seção inicial apresenta-se Pessoa Jr. (2007) por explorar o significado das representações pictóricas de orbitais atômicos e moleculares, em textos didáticos de química. O referido pesquisador aponta que, por meio da representação pictórica, é feito o primeiro contato do aluno do Ensino Médio com a física quântica. Relata como três livros didáticos exibem representações pictóricas com o intuito de auxiliar as descrições dos orbitais moleculares, descrevem essas imagens acompanhadas de informações. Em seguida, desenvolve várias considerações: procura-se reproduzir nos livros o aspecto visual visto que as representações matemáticas têm características mais abstratas; enquanto que a teoria quântica apresenta várias interpretações, inclusive algumas rejeitam a possibilidade de usar

representações visuais. Além disso, a mecânica quântica foi desenvolvida a partir de uma abordagem da mecânica matricial com ênfase nos resultados de medição sem se preocupar com a visualização, o que pode ser chamado de positivismo ou instrumentalismo; e da mecânica ondulatória, que permitia um retrato intuitivo das medições e a observação visual de uma realidade parecida com as representações e imagens das ondas da física clássica e, por isso, chamadas realistas. Pessoa Jr. declara: “as visões realistas se adaptam bem a representações pictóricas como as da figura. Já para as visões positivistas, tais figuras são vistas mais como um auxílio didático do que como uma representação de átomos. (PESSOA Jr., 2007, p.31)

No caso da pesquisa de Pessoa Jr. (2007), citam-se as ocasiões em que o conceito tem raízes no formalismo matemático, ou está associado a uma interpretação da mecânica quântica que rejeita representação visual. Se o intento for uma correta representação da entidade, esses limites representacionais fornecem formas de avaliar quando a representação visual é apropriada para comunicar um conceito, e, quando essas representações comunicam apenas alguns aspectos do conceito, portanto, torna-se necessário outro modo representacional para descrevê-lo.

Como a pretensão é a coleta de dados em um ambiente de ensino cujas variadas representações são manifestadas para entendimento e descrição de um conceito, esse ambiente – sala de aula – deve ser favorecido por uma metodologia de ensino que privilegie ações com essa finalidade. Em aulas cujo ensino se dá por meio de investigação, encontra-se maior participação dos alunos e, por extensão, maior oportunidade de coleta de suas respectivas construções. Por isso, as aulas em que os dados foram tomados aplicam, a princípio, essa metodologia. No capítulo dois, estão descritas uma evolução da concepção do ensino por investigação e as justificativas pela opção de tomar os dados em aulas cujo ensino ocorra segundo esses moldes.

## 1.1 POR QUE VÁRIAS REPRESENTAÇÕES?

Há muitos estudos em ensino de ciências com considerações acerca do uso de várias representações para a construção do conhecimento de ciências em sala de aula. Alguns empregam mais que um único foco nos dados recolhidos, tal como linguagem verbal e gestos, ou linguagem verbal e desenhos; outros procuram categorizar cada modo representacional observando a integração entre eles; outros, ainda, analisam o emprego de várias

representações na construção do raciocínio científico; mas poucos associam os diversos modos representacionais a um conceito que esteja sendo estudado, como se pretende fazer aqui. A seguir, a descrição de alguns desses estudos.

Lemke (1998) ao mencionar sobre dados obtidos em linguagem verbal, discute a formação de questões, escolhas e adaptações que os pesquisadores devem fazer para compilar os dados de uma pesquisa. Também trata do novo texto que surge ao se transcrever uma aula para o papel e adverte quanto à perda de dados importantes, além das entonações, que geralmente não são registradas:

[...] significados contrastantes podem muitas vezes ser determinados a partir da inflexão. A transcrição de palavras também apaga informações sobre o contexto, orientação de valor, grau de certeza ou dúvida, atitudes de expectativas, ironia, humor, vigor emocional, traços de identidade e dialeto. [...] Além disso, as informações sobre o tempo de fala (duração), discurso simultâneo, quebra de fluência súbita, se é uma proposição e etc. (LEMKE, 1998, p. 1.177).

Lemke chama atenção não apenas para o produto dos alunos entregue no final de uma atividade, bem como para todo o processo de construção de significados em sala de aula, e comenta sobre as ligações entre as diversas linguagens, além do contexto presente, relações com informações em contextos mediatos. “O que o professor está dizendo agora faz sentido em parte, em relação ao que disse ontem ou há dez minutos, ao que lemos no livro, à pergunta que se perdeu no último questionário etc.” (LEMKE, 1998, p. 1.177).

Segundo esse autor (2002a), percebe-se como uma rede de diversas linguagens forma um sistema para a construção de significados, especifica, porém, o papel da matemática nessa rede, que seria o de permitir a extensão dos recursos tipológicos do idioma natural e dos topológicos das representações visuais. Defende ainda que a linguagem verbal não é a melhor maneira de se construir significados para eventos com ocorrências topológicas:

[...] uma representação visual deveria apresentar os significados de covariações contínuas, mas para usar gráficos, para entender funções, os estudantes têm que aprender a sistematizar, a representar em três semióticas diferentes: a linguagem verbal, os diagramas e expressões algébricas. [...] a materialização das representações visuais pode ser parcialmente, mas nunca completamente traduzidas em declarações da linguagem verbal e vice-versa. (LEMKE, 2002a, p. 226).

Geralmente, os alunos não são instruídos e nem aprendem a fazer conexões ou sínteses nas diversas linguagens associadas, não leem muitos dos sinais presentes nas diferentes linguagens, e não possuem conhecimento da semântica desses sinais para integrá-los coerentemente ao discurso.

Duas características da comunicação multimodal são apresentadas em Lemke (2002b): 1) *a incompletude*: professores integram vários canais na comunicação científica e, em cada um dos canais, há partes da informação comunicada. Mas, às vezes, há erros, outras omissões, ou troca de símbolos; 2) *a intertextualidade*: os significados são construídos integrando informações nos diferentes canais, e evocando na memória outras informações, que podem não estar no contexto da aula, do dia, ou da escola.

Em Martins, Gouvêa e Piccinini (2005), há uma descrição sobre a natureza semiótica híbrida dos textos científicos escolares. Há relatos de vários focos sob os quais imagens têm sido consideradas na semiótica social, nos estudos de cognição, nos estudos culturais e na compreensão das relações entre imagens, conhecimento científico e ensino de ciências. Há também as três fontes de abordagem da coleta de seus dados: imagens nos livros didáticos; leitura de imagens nos livros didáticos; e imagens realizadas por alunos em sala de aula.

Nesse trabalho, as autoras classificam as imagens nos livros didáticos para o ensino de ciências e destacam como se tornam complexas as estratégias de leitura. Nas séries iniciais, as imagens são ilustrações naturalistas e realistas, e, nas séries finais, se somam às representações abstratas, esquemáticas e situações microscópicas:

Os meios de comunicação apresentam às crianças não só diferentes possibilidades representacionais, como também informações a respeito de descobertas científicas que fornecem elementos para a construção de representações acerca, por exemplo, do que é ciência, de quem é o cientista e qual seu papel social. (MARTINS et. al, p. 39).

Na síntese de resultados da entrevista com duplas de alunos da terceira série dos ciclos do Ensino Fundamental, sobre a leitura de imagens em livros, as autoras destacam o tempo para realizar a leitura, a intertextualidade com outras imagens e os gestos como estratégia facilitadora de leitura, pois os alunos acompanhavam com o dedo os traços na imagem:

Nossas análises revelam uma diversidade de formas de engajamento com a imagem (afetivo, cognitivo, estético) e uma variedade de estratégias de leitura, que destacam o papel do conhecimento prévio, de experiências de leitura anteriores realizadas no ambiente escolar e de estratégias de leitura que integram informações verbais e contextualizam as imagens no espaço gráfico da página. (MARTINS et. al, 2005, p. 39).

Nos episódios analisados pelas autoras, destacam-se entre seus apontamentos: o fluxo de modos semióticos; a articulação entre eles; as relações de cooperação; e a centralidade de alguns modos semióticos em distintas situações.

Piccinini e Martins (2003; 2004) apresentam uma classificação e análise de um episódio apresentado na forma de uma tabela, em que se destaca o recorte temático e a

atividade, além dos modos semióticos (verbal, visual e gestual) empregados nas interações discursivas na sala de aula, e analisam dois aspectos: o contexto de utilização dos diferentes modos semióticos e a valorização dada pelos interlocutores na forma de comunicação empregada.

Em Laburú e Silva (2011), existem algumas concepções em torno das multirrepresentações associadas ao ensino de ciências no laboratório. Nesse trabalho, abordam algumas formas como o laboratório tem sido utilizado pelos que defendem seu uso dissociado da disciplina de ciências, e defendem práticas representacionais, como práticas de ensino, que podem ser desenvolvidas além do espaço físico designado como laboratório. Os autores descrevem limites implícitos no modo representacional, e a concepção de que, ao empregarem-se vários modos semióticos, uma ideia é eficientemente comunicada. Descrevem a natureza das linguagens tipológicas e topológicas, dão algum destaque aos gestos, entre as várias modalidades de representação, e entre as transformações dos modos representacionais abordam a medição, muitas vezes não vista como parte da compreensão conceitual.

Mais especificamente, para Klein e Kirkpatrick (2010), a medição é a “ressemiotização” da percepção de um atributo em um conjunto de signos numéricos. Visualizações, tais como gráficos, transformam dados numéricos em novas formas representacionais a partir dos quais as relações entre variáveis podem, frequentemente, ser aprendidas de maneira perceptual. (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 730).

Em Laburú e Silva (2011), há a declaração de que o conhecimento científico é um conhecimento semiótico, comunicado com variadas representações: o conceito está expresso nas peculiaridades das variadas representações, e seu significado pode ser apreendido na leitura multimodal. Assim, no âmbito didático, a aprendizagem das concepções científicas é a aprendizagem da utilização, leitura e expressão dos modos semióticos com que se representa um conceito. Aprender reside em descobrir o significado das representações empregadas na comunicação de um específico conceito; trata-se da capacidade de compor a totalidade do significado comunicado nas múltiplas representações empregadas sobre uma ideia; é a capacidade de transitar entre as variadas representações que comunicam um fenômeno. Aprende-se quando se participa de uma tomada de consciência multissensorial e multicognitiva na interação com um sistema plurirrepresentacional.

Esses autores descrevem “o malabarismo” necessário para a construção de significados a partir das seleções e somatórias das diversas linguagens empregadas em sala de aula. Destacam que cada canal de comunicação empregado possui algum grau de incompletude, incoerência ou outros desvios do objetivo inicial. (LEMKE, 2003).

Acrescente-se, ainda, que conceituar grandezas físicas de modo integral envolve relacioná-las de maneira consistente em um sistema de representações formais, assim como saber convertê-las nos modos de representação gestuais via ação, procedimentos, habilidades ou atitudes, e vice-versa. A possibilidade bem-sucedida de conversão entre modos de tipo manipulativo, formais (verbal, matemática) e outras representações semióticas (tabelas, diagramas, gráficos) determina, até mesmo, se uma grandeza física foi significativamente aprendida. (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 730).

## 1.2 NO CONTEXTO DAS CONSTRUÇÕES CIENTÍFICAS

Em uma perspectiva histórica, nesse subitem serão destacadas características relativas ao emprego de variadas representações, apresentadas em pesquisas de ensino de ciências, que consideram fatores percebidos nos âmbitos em que o conhecimento físico foi desenvolvido, ou nas práticas de cientistas que contribuíram para a evolução da ciência. Essa perspectiva também será epistemológica, abordando o que se evidencia nos relatos seguintes, peculiares das práticas de construção científica. Naturalmente, os trabalhos apresentados a seguir não excluem as considerações quanto às construções em sala de aula, pois os pesquisadores em que se buscou referências são do ensino de ciências.

Matthews (2007) comenta a utilização de modelos científicos tanto na epistemologia da ciência quanto no ensino de ciências e descreve a importância do assunto, as considerações filosóficas dos realistas e dos não realistas ao utilizarem um modelo. Além disso, trata do caminho de construção de um modelo científico, colocando a representação como etapa posterior na construção do conhecimento. O autor também assinala que os alunos são colocados em contato com alguns modelos, sem terem conhecimentos prévios e considerações necessárias aos limites daquele modelo. A descrição de modelo de Matthews (2007) permite o alinhamento de seu trabalho com esta pesquisa, pois apreende o modelo como uma representação de uma realidade sujeita a um objetivo, ou a um contexto, destacando que o significado da representação tem relação não estritamente objetiva com o ente representado, mas também com o contexto:

Eles são precisamente a intenção de representar o real, e representações variam de acordo com nossas finalidades. Por exemplo, finalidades econômicas, artísticas, nutricionais e agrícolas têm maneiras diferentes de representar maçãs, como valor de troca, como estímulo estético, como carboidratos, e como retorno sobre o investimento. A maçã pode estar autenticamente representada em todas estas maneiras, dependendo dos fins humanos. Adequação da representação simplesmente não significa correspondência de representação, no sentido espelhamento do objeto. (MATTHEWS, 2007, p. 650).

Neste trabalho, propõem-se que as práticas das linguagens empregadas na construção do conhecimento científico tenham, em algum grau, algumas de suas características desenvolvidas em aula. Isso é ressonante com a concepção de Matthews (2007), que concebe a teorização como trabalho de investigação científica e de dialogia que explora os significados das representações, atribuindo o desenvolvimento do trabalho científico ao uso dos diferentes modos semióticos.

Tweney (2011) argumenta sobre a construção de modelos mentais, dando ênfase aos significados atribuídos às equações de Maxwell, e considera as dificuldades na aprendizagem de física. Declara a necessidade de uma concepção de ensino para além da cognição, uma aprendizagem de aspectos da construção do conhecimento científico: a construção de modelos e o uso de analogias. Destaca um pseudoautomatismo, uma capacidade de evocar rapidamente as habilidades próprias de quem desenvolve uma atividade de construção do conhecimento científico.

Ciência baseia-se na construção e uso de modelos mentais adequados. As dificuldades de aprendizagem da física são, em parte, as dificuldades em aprender a fazer exatamente isso. Há muito mais coisa envolvida do que simplesmente a aquisição de conhecimentos, o aluno deve também adquirir as habilidades de extensão analógica e construção de modelos, e deve ser suficientemente especialista no uso dos elementos do modelo (as equações diferenciais em caso de Maxwell) para ser capaz de contar com a recuperação rápida e automatizada das habilidades relevantes. (TWENEY, 2011, p. 698).

A história do desenvolvimento das construções de Maxwell, procurando estruturar o conhecimento científico em linguagem matemática, expõe uma concepção de ciência que tem por pilar as representações matemáticas. Tweney (2011) descreve aspectos da formação de Maxwell, em que a busca da capacidade de resolver problemas era uma das atividades a que muito se dedicava. Assim, salienta a importância não só dos modelos científicos e dos modelos dos estudantes, mas também do modelo do desenvolvimento cognitivo de um estudante ao apontar:

Realizações de Maxwell e suas discussões sobre a maneira pela qual a física matemática precisa repousar sobre representações matemáticas sugerem que a atenção para o desenvolvimento do modelo de construção de competências é um aspecto importante do ensino de ciências. (TWENEY, 2011, p. 698).

Essa consideração de Tweney (2011), sobre o desenvolvimento de competências, fazendo referência às habilidades de extensão analógica e de construção de modelos, está inserida neste estudo. É uma das hipóteses levantadas que, ao observar como os alunos constroem e aproveitam as diferentes representações disponíveis ao seu redor, consegue-se

destacar importantes aspectos no processo de ensino-aprendizagem, principalmente no ensino por investigação. Logo, essa posição de Tweney (2011) poderá ser um norte significativo para práticas em sala de aula, se confirmado por pesquisa. Tweney (2011) e Flores-Camacho et al. (2007) trabalham questões referentes a modelos na história da ciência, mostrando como Thomson, Maxwell e Faraday desenvolveram conceitos científicos. Thomson e Maxwell se destacam pela empregabilidade da matemática, e Faraday pela utilização de representações visuais ao contar as linhas de campo para desenvolver suas concepções sobre o eletromagnetismo.

Devido às especificidades das formas de linguagem, alguns modelos necessitaram de vários modos representacionais para descrever as muitas características do fenômeno representado, como descreve Feynman (2000) em sua compreensão sobre ondas eletromagnéticas, reforçando a ênfase na multimodalidade. Cook (2006) descreve a necessidade de se construir modelos intermediários para a compreensão de conceitos complexos para os quais não há uma simples representação. O autor exemplifica a construção de representações intermediárias com o desenvolvimento de conceitos menos complexos, um “andaime analógico”. (PODOLEFSKY; FINKELSTEIN, 2007). Ao se construir uma representação intermediária, estudando algum fenômeno, conseqüentemente, haverá várias representações.

Nos argumentos de Lemke (1998; 2006), a favor de um ensino privilegiando o uso de várias linguagens, o ensino de ciências deveria ter como um de seus objetivos proporcionar ao aluno a oportunidade de desenvolver a competência de transitar entre os diferentes modos semióticos empregados pelas ciências, tendo em vista que a aprendizagem ocorre através de muitos meios. Mesmo sendo a linguagem verbal um dos meios primordiais para a aprendizagem, esse meio está longe de ser o único. Também se aprende a partir de representações visuais de muitos tipos (desenhos, diagramas, gráficos, mapas, fotos, filmes e vídeos, simuladores 3D etc.), tanto estáticas quanto dinâmicas. Aprende-se ao observar e participar das atividades, que, por sua vez, estão estruturadas em muitos aspectos da linguagem (isto é, formam sistemas semióticos). Principalmente, aprende-se integrando significados através de todas estas modalidades, combinando texto e imagem, atividades e resumos, narrativas e observações. Essa interação não é automática e natural, é culturalmente específica e deve ser ensinada e aprendida. (LEMKE, 2006, p. 8).

Lemke (2006) argumenta que quem faz ciência utiliza com certa naturalidade diversas linguagens, mas transitar entre essas diversas linguagens é exatamente o que os alunos não sabem fazer. Por isso, fornece uma orientação para uma aprendizagem próxima ao que

Carvalho (2007) considera uma enculturação científica. Um ensino que utilize de forma eficiente diversas linguagens, não estancado no conteúdo das disciplinas, mas permeie as formas em que os processos de conhecimento científico se desenvolveram, considere as interações sociais e a natureza da ciência.

Em nossas pesquisas, necessitamos que haja mais enfoque em aprender como aumentar o valor da educação científica para todos esses estudantes que não têm um interesse especial em carreiras científicas ou técnicas. Necessitamos prestar mais atenção na aprendizagem que permanece por toda a vida, a aprendizagem que desmistifica o raciocínio quantitativo, a aprendizagem que fornece pistas para pensar com múltiplas representações neste novo mundo multimodal. (LEMKE, 2006, p. 6).

Em um dos estudos deste autor (PAIVA et al., 2012), há considerações relacionadas ao desenvolvimento de aprendizagem explorando alguns aspectos do uso de representações multimodais, em uma atividade junto a alunos de terceiro ano do ensino médio. Estes deveriam, em analogia à experiência do espalhamento realizada por Geiger e Marsden, lançar bolinhas sob uma placa de madeira que continha, abaixo dela, uma placa de isopor com certa forma geométrica, e pelos locais de entrada e saída das bolinhas desvendar qual a trajetória por elas descritas e qual a forma geométrica da parede de isopor abaixo da placa de madeira que interagiu com a bolinha e poderia ter causado o respectivo desvio na trajetória.

A atividade analógica experimental foi empregada para facilitar a compreensão da experiência sobre o espalhamento que propiciou a Rutherford elaborar o modelo atômico que leva seu nome. Na análise da atividade, foram destacadas: a ação dos alunos; as várias modalidades de linguagens empregadas na construção e na comunicação de tópicos da ciência; e alguns aspectos de enculturação científica associados à natureza das ciências. Os aspectos de enculturação científica analisados foram: ciência como construção humana, que se deu ao longo da história e que pode ser ainda suplantada por novos modelos; ciência que pode ser questionada, pois não está acabada; e também pontuar uma relação entre o desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

Se multimodalidade é uma prática da construção do conhecimento científico, e deve estar presentes nas práticas escolares, deve-se atentar, então, como especialistas a empregam no processo de construção do conhecimento. Como variadas representações medeiam a construção do conhecimento científico por especialistas? E como diversas representações medeiam a construção do conhecimento científico escolar?

No item a seguir, descrever-se-ão considerações referentes aos modos de representação relatados na construção das concepções científicas, abordando trabalhos de pesquisadores do ensino de ciências com vertentes na história e na epistemologia da ciência.

E, posteriormente, observar-se-á a construção do conhecimento empregando diferentes representações descritas em pesquisas que relatam a sala de aula.

### 1.3 VARIADAS REPRESENTAÇÕES NAS CONSTRUÇÕES CIENTÍFICAS

Que a ciência se constrói empregando várias linguagens não é algo do pensamento contemporâneo. Contudo, na atualidade, diversas reflexões concernentes a esse tema têm indicado a presença desse artifício desde a física aristotélica. Na verdade, os números e outras representações não pictóricas vêm depois na história das construções da linguagem natural, e isso também na matemática e nas ciências. Desde a Grécia antiga o conhecimento da ciência tem sido construído utilizando diversas representações, não somente para a comunicação, como também para fazer descobertas, ou seja, diversas representações são o meio natural de construção do conhecimento das ciências.

Uma metodologia que passa pela observação, geometrização e, mais tarde, o algoritmo, com a finalidade de se fazer previsões. Tornou-se para muitos que atuam em campos associados à ciência o “fazer ciência”, principalmente a ciência que se baseia na física clássica. Com os eventos que culminaram com a chegada aos limites da física clássica e propiciaram tanto o surgimento da física estatística quanto das experiências relativas ao interior da matéria, outras considerações sobre o processo de construção de conhecimento vieram a debate. No início do século XX, enquanto a mecânica quântica se desenvolvia, foi questionado se as representações das ciências eram espelhos ou não do real, e se a construção da ciência possuía uma via determinista e inexorável.

Esse caminho de construção de conhecimento, em que nas etapas iniciais estão presentes a visualização, a observação de um experimento e a construção de uma imagem pitoresca, sendo então reformulada em parâmetros geométricos para ser depois traduzida em lei matemática, facilitando alguma previsão, foi, pelo menos para a física clássica, o processo lógico da ciência, desde o início da história da matemática. Algo quase canônico no fazer ciência, e na história há o testemunho da dificuldade de se alternar dessa a outra concepção de como desenvolver construções na ciência relativas aos fenômenos físicos. Pessoa Jr. (2001) apresenta uma tradução do V Congresso de Solvay, em 1927, em que o físico H. A. Lorentz comenta sua dificuldade em raciocinar, para a construção do conhecimento, fora desse processo descrito:

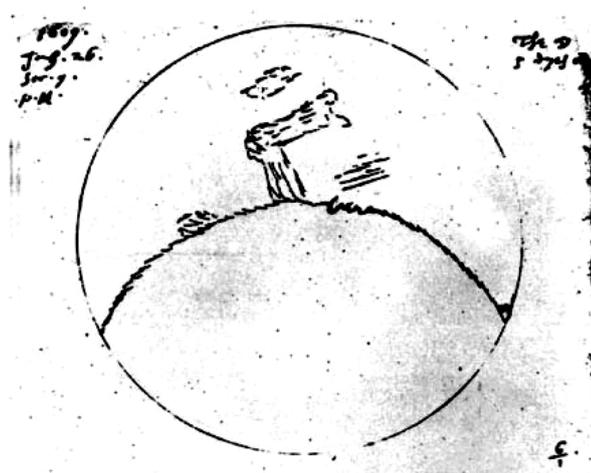
Eu gostaria de chamar atenção para as dificuldades que se encontram nas teorias antigas. [...] Queremos nos fazer uma representação dos fenômenos, formar uma

imagem deles em nosso espírito. Até aqui, sempre quisemos formar essas imagens por meio das noções ordinárias de tempo e espaço. Estas noções talvez sejam inatas; em todo caso, elas se desenvolveram através de nossa experiência pessoal, de nossas observações cotidianas. Para mim, essas noções são nítidas e reconheço que não posso fazer uma ideia da física sem essas noções. A imagem que quero formar dos fenômenos deve ser absolutamente nítida e definida, e parece-me que só podemos formar semelhante imagem dentro desse sistema de espaço e de tempo. (PESSOA Jr., 2001, p. 139).

Em Holton (1979; 1998), Reis, Guerra e Braga (2006), Edgerton (2006) e Pessoa Jr. (2001; 2007), há relatos de desenvolvimento científico na história da ciência mostrando o apreço que Galileu, Thomson, Einstein, Bohr, Feynman e outros atribuíram ao uso de representações visuais, seja pictórica, gráfica, ou em forma de diagramas, ou esquemas, para formular e comunicar suas concepções sobre ciências.

No decorrer deste subitem, estarão sintetizadas algumas dessas considerações, a começar por Holton (1998), Reis, Guerra e Braga (2006) e Edgerton (2006), cujos trabalhos discorrem sobre os eventos históricos envolvendo os emblemáticos desenhos representando a Lua, desenvolvidos por Galileu e pelo astrônomo inglês Thomas Harriot, na empreitada de desvendar os fenômenos celestes após a observação com suas aprimoradas lunetas. Galileu não foi o primeiro a apontar o “telescópio” para observar o céu. Harriot, em 1609, já havia feito isso, meses antes de Galileu, e registrou sua observação na forma de um desenho (Figura 1).

Figura 1 - Primeiro desenho da Lua feito por Thomas Harriot



Fonte: EDGERTON, 2006, p. 167.

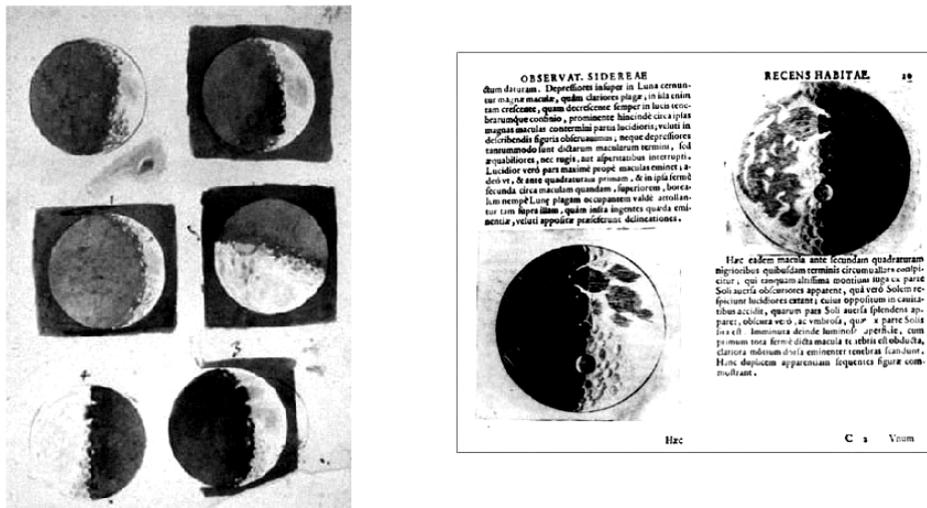
Edgerton (2006) declara que Harriot, em 1609, não fez qualquer relato sobre suas observações da Lua por ter tido dificuldade de interpretar o que havia visualizado, pois vivia

na Inglaterra, onde as realizações artísticas se davam em torno da palavra como, por exemplo, com Shakespeare. Reis, Guerra e Braga (2006) citam as influências regionais em que viviam Galileu e Harriot, e comentam algumas peculiaridades distintas em suas formações:

Harriot não dispôs de condições para interpretar a geografia da Lua sem o treinamento artístico que teve Galileu. [...] evidente como os conhecimentos de Galileu sobre desenho permitiam-lhe ver na Lua o que não foi possível a Harriot. (REIS et.al, 2006, p. 3).

A Itália, nos tempos de Galileu, era um importante centro de artes visuais e arquitetura e isto provavelmente o favoreceu nas técnicas de observação, de retratar o claro-escuro e no estudo de perspectivas. Edgerton (2006) relata o relacionamento de Galileu com pintores e os elogios recebidos por suas habilidades em desenhar. Nas Figuras 2a e 2b, os desenhos da lua atribuídos ao renomado astrônomo:

Figura 2a – Imagens das fases da lua, com autoria atribuída a Galileu  
Figura 2b – A superfície lunar representada no livro *Sidereus Nuncius*



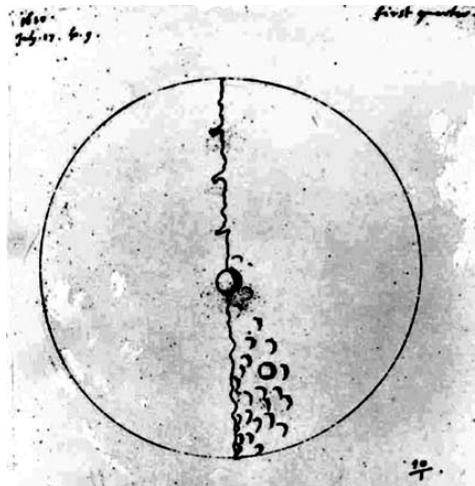
Fonte: EDGERTON, 2006, p.170-171.

À esquerda, na Figura 2a, seis imagens da lua foram preparadas em papel próprio para receber o processo de lavagem de tintas, uma forma de tipo, ou máscara para ilustração de um livro. A autoria desses desenhos é atribuída a Galileu, e, segundo Edgerton (2006), foi realizada por um artista experiente na manipulação e lavagem de tintas. Esses desenhos não foram publicados no livro de Galileu, *Sidereus Nuncius*, mas continuam preservados na Biblioteca Nacional de Florença. As ilustrações à direita, na Figura 2b, encontram-se no livro de Galileu. O artista, em uma forma de licença artística, exagera nas dimensões das crateras

lunares, com a finalidade de torná-las evidentes. Harriot e Galileu fizeram desenhos diferentes, para o mesmo fenômeno.

Vários autores (HOLTON, 1979; 1998; REIS; GUERRA; BRAGA, 2006; EDGERTON, 2006) relatam que Harriot refez, em 1610, suas observações e seu desenho (Figura 3) acrescentando detalhes, depois da publicação da obra de Galileu. As representações feitas por Galileu foram significativas não só para Harriot, bem como para vários poetas britânicos da época, que passaram a escrever sobre os aspectos da lua em seus versos. (EDGERTON, 2006).

Figura 3 – O segundo desenho de Thomas Harriot da superfície lunar



Fonte: Edgerton, 2006, p. 176.

Harriot teceu seu diálogo com o livro de Galileu e, alguns meses depois, pôde “intertextualizar” (LEMKE, 2002b) e construir os significados apropriados à sua observação. Encontram-se na literatura comentários sobre a possibilidade de diferentes imagens mentais se formarem a partir da observação de um mesmo fenômeno (ROTH; LAWLESS, 2002), como os relatos nos parágrafos anteriores sobre Galileu e Harriot. Por esse motivo, há a necessidade de diálogo, de submissão de um trabalho a pares e de se alternar o modo representacional de comunicação sobre um conceito; para escutar o modelo mental elaborado, atentar que não é simples construir e representar imagens relativas a concepções científicas de fenômenos naturais ou produzidos por intervenção tecnológica.

Entre os especialistas em campos das ciências, encontram-se aqueles que utilizam representações visuais para a organização do raciocínio. Holton (1998), descrevendo a respeito do uso da imaginação pelos cientistas, comenta como Einstein empregou a comunicação visual para organizar seu raciocínio e até mesmo para comunicar algumas de

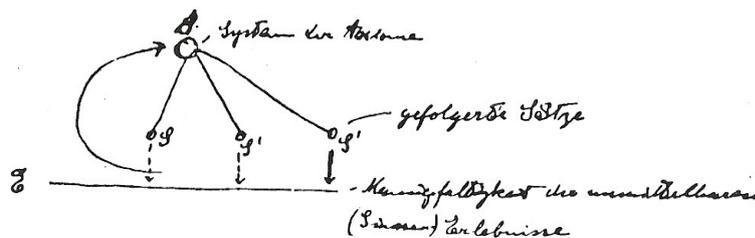
suas ideias. Em Berna, no escritório de patentes, o físico era incumbido de estudar os documentos e desenhos registrados pelos inventores. Essa habilidade de realizar a leitura de figuras e de operá-las, fazendo a união de partes, agrupando como em um quebra-cabeça, analisando, para isso, não somente as formas dos objetos, mas também as dimensões, as funcionalidades das partes, a funcionalidade do todo, foi vital para, mais tarde, obter sucesso no desenvolvimento de suas teorias, realizando experiências de pensamento.

Einstein organizava seus pensamentos tomando quadros esquemáticos (desenhos) como referência, inclusive em questões epistêmicas. Em certa ocasião, escreveu ao matemático Jaques Hadamard e explicitou parcialmente seu mecanismo de raciocínio:

As palavras ou a linguagem, tal como são escritas e faladas, não parecem desempenhar qualquer papel no meu mecanismo de pensamento. As entidades psicológicas que parecem servir como elementos do pensamento são certos símbolos e imagens, mais ou menos nítidos, que podem ser voluntariamente criados e combinados. (HOLTON, 1998, p. 109).

Em maio de 1952, escrevendo a um amigo, Maurice Solovine enviou-lhe um esquema (Figura 4) e uma sequência de tópicos elucidando os significados dos pontos e das linhas que conectavam um ponto a outro:

Figura 4 – Esquema desenhado por Einstein em uma carta para um amigo



Fonte: HOLTON, 1979, p. 94.

- 1) As E (experiências) nos são dadas (representada pela linha horizontal no pé da figura).
- 2) A são axiomas, a partir dos quais deduzimos as consequências. Psicologicamente. A baseia-se em E. Mas não existe nenhum caminho lógico de E para A, e sim apenas uma conexão intuitiva (psicológica), que está sempre sujeita à revogação.
- 3) A partir de A, pelo caminho lógico, são [...]. (HOLTON, 1979, p. 94).

O esquema não traduz os pensamentos de Einstein nem tampouco os tópicos. A partir da leitura simultânea desses dois modos semióticos é possível desvendar a pretensa mensagem. Ao psicólogo Max Wertheimer, o primeiro confidenciou: “muito raramente penso

de todo em palavras [...] consigo-o numa espécie de mapa de modo visual.” (HOLTON, 1998, p. 109).

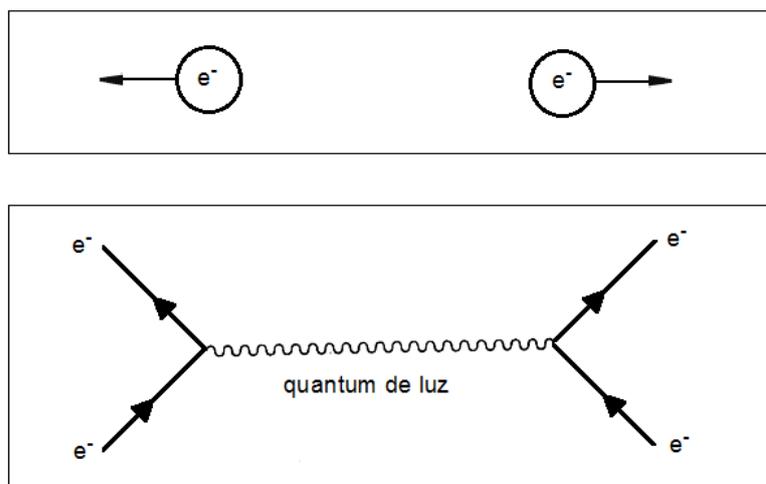
Outro tema rico em debates sobre a utilização de representações pictóricas é o das partículas subatômicas. Ernst Mach, cientista do início do século 20, reagiu à concepção de átomo perguntando sarcasticamente se alguém já havia visto um. Em 1912, CTR Wilson exibiu um registro, o que Holton (1979) chamou de “uma fotografia”, “que resolveu a questão da visão de átomo para muitas pessoas”. Nela havia o rastro das partículas alfa em uma câmara de nuvens, uma primeira evidência de ocorrência dos fenômenos atômicos em um nível muito além da percepção direta. “A difusão de feixes de partículas tornou-se um modo de ‘ver’ acontecimentos subatômicos”. (HOLTON, 1998, p. 99).

Em meados do século XX, as imagens suscitaram o levantamento de questões sobre representações e realidade. Embora na maioria das outras ciências a imaginação icônica permaneça viva até hoje, alguns cientistas quânticos passaram a utilizar novas representações: “uma nova forma de visualização, fortemente baseada em relações matemáticas, mais do que física, recorrendo a simetrias e diagramas abstratos”. (HOLTON, 1998, p. 111).

Consideramos que os diagramas de Feynman sejam um exemplo de maneira alternativa de representar um dos abstratos conceitos científicos. Por algum tempo, pensava-se em dois elétrons como dois entes materiais esféricos, como cargas puntiformes, e esses eram assim representados. Até hoje, vários livros didáticos de Ensino Médio adotam essa forma de representação. Muitos autores, quando escrevem sobre os elétrons, não os representam pictoricamente, mas o professor poderá fazê-lo no quadro-negro, sem a percepção de qual modelo utiliza e sem justificar a seus alunos as condições de contorno (condições de validade daquele e não de outro modelo) que viabilizam sua representação imagética externa.

Holton (1998) comenta ser tradicional a imagem de dois elétrons que se aproximam e depois sofrem repulsão (Figura 5) e considera mais apropriado utilizar a “representação pictórica” de um dos diagramas de Feynman, que ilustra, no espaço-tempo, a troca de um fóton, partícula mediadora dessa interação.

Figura 5 – Representações da interação entre elétrons

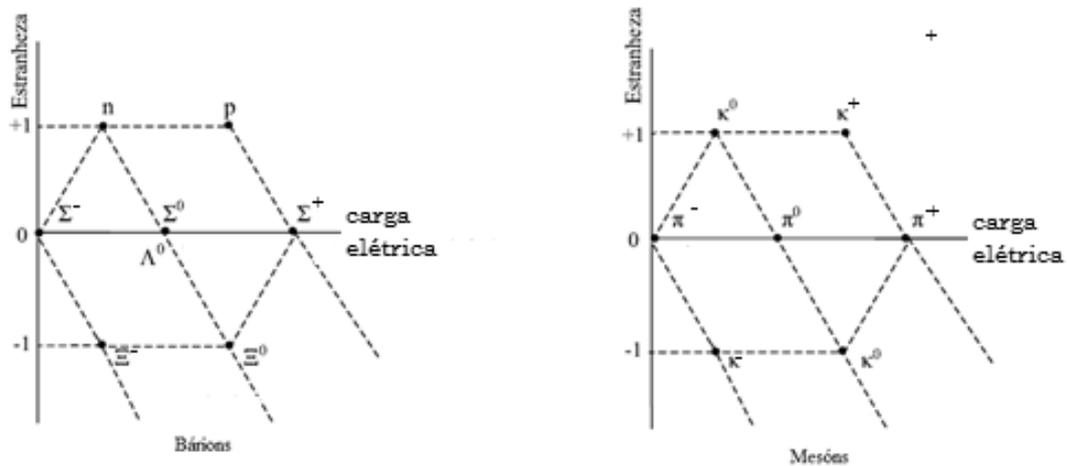


Fonte: Adaptada de Holton (HOLTON, 1998, p. 112).

Góis e Giordan (2007) afirmam que os modelos de representação dos entes subatômicos são construídos durante todo o Ensino Médio e, a cada abordagem, devem ser esclarecidos os limites da analogia, da figura e do modelo empregado. Os esquemas consistem em representações imagéticas distintas no auxílio à construção de conhecimento científico. Estes não retratam os entes das ciências, mas permitem uma organização das concepções envolvidas no estudo realizado.

Há uma cena na história da ciência em que esse artifício propiciou a hipótese, investigação e descoberta de uma nova partícula. Moreira (2007) narra a primeira organização das famílias de partículas, em 1960 e 1961, realizadas independentemente pelo físico do Caltech, Murray Gell-Mann, e pelo físico da Imperial College de Londres, Yuval Ne'eman. Estes formaram grupos de oito partículas que possuíam o mesmo spin, o mesmo número bariônico e, aproximadamente, a mesma massa. Essa maneira de classificar as partículas foi chamada de classificação octal, e é apresentada na forma de um hexágono, no diagrama que relaciona duas propriedades intrínsecas das partículas, a carga elétrica e a estranheza (Figura 6).

Figura 6 – Representação do caminho óctuplo



Fonte: Adaptado de Moreira (MOREIRA, 2007, p. 164).

Na Figura 6, estão relacionados os bárions e os mésons. Na representação octal dos bárions, há uma partícula em cada vértice e duas no centro. Também há um total de oito partículas. No octeto dos mesões, havia apenas sete, apenas uma partícula no centro. Essa maneira de representar permitiu aos cientistas levantarem a hipótese de que havia mais um méson a ser descoberto, para que estivesse estabelecida certa regularidade na quantidade de componentes em cada família.

A menos do fato de que no padrão dos mésons há apenas uma partícula no centro e no dos bárions há duas, os padrões são idênticos. Para que fossem idênticos seria necessário um méson com carga e estranheza zero. Esse méson chamado eta ( $\eta_0$ ), com massa de 550 MeV, sem carga e sem estranheza, foi descoberto em 1961. (MOREIRA, 2007, p. 163).

Os exemplos anteriormente descritos refletem uma pequena parcela das aplicações de representações imagéticas no processo de construção do conhecimento científico.

#### 1.4 O USO DE VÁRIAS REPRESENTAÇÕES NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO ESCOLAR

A seguir, encontram-se os trabalhos cujas pesquisas envolvem o uso de várias formas de representação na construção do conhecimento em sala de aula. Em Lerner (2007), há parâmetros destacados em torno da complexidade existente na observação, na atenção visual demandada no âmbito das construções científicas, porém no âmbito escolar. Como professor de biologia molecular no Massachusetts Institute of Technology (MIT), Lerner solicita aos

alunos a construção de desenhos para favorecer a aprendizagem de alguns conceitos de ciências. Atribui a Louis Agassiz, professor de zoologia em Harvard, o uso consciente dessa ação em sua prática de ensino.

[...] de 1848 até sua morte, em 1873, utilizou representações visuais para aprender ciências. Ele ensinou os alunos a observar a fazer conexões e desenvolver princípios gerais. Nessa perspectiva, ele (Agassiz) acreditava que “os alunos criam (constroem) o conhecimento através da interação social e de oportunidades para fazer o trabalho de cientistas de verdade.” Tinha o “objetivo de transmitir um senso de ciência como descoberta e de se reconciliar com a necessidade dos alunos de dominar o conhecimento fundamental”. (LERNER, 2007, p. 380).

Lerner (2007) descreve a narrativa do primeiro encontro de um aluno, Samuel Scudder, com Agassiz, em 1850. Foi solicitado ao primeiro apresentar um relatório da observação de um peixe. Scudder acreditou, após dez minutos, ter concluído o trabalho, mas não encontrou o professor para apresentar o relatório. Por isso, ali, sem nada a fazer, voltou a observar o peixe. Quando Agassiz se apresentou e recebeu o relatório, indicou que faltavam algumas características e recomendou que voltasse a observar o peixe. Depois de várias rodadas dessa dinâmica, Agassiz respondeu a Scudder:

“Isso é bom, isso é bom!” [Agassiz] mas não é tudo, você deve ir além; e assim por três longos dias ele colocou o peixe diante dos meus olhos [Scudder], proibindo-me de olhar para qualquer outra coisa, ou usar qualquer ajuda artificial. “Observe, observe, observe”, foi a repetida limiar. (LERNER, 2007, p. 381-382).

O autor declara as concepções de Scudder sobre esse processo: os alunos não eram apenas participantes passivos a receber informações, mas ativos na criação de conhecimentos significativos, tendo como prioridade não apenas o fato de observar e desenhar, mas fazer inferências a partir das observações.

Observar e construir uma representação coerente mostra certo grau de complexidade: a demanda de tempo, como se pode ver nessas e certamente em outras situações; habilidades plásticas; e pares, pessoas de nível semelhante de habilidade e especialização no assunto, para aferir significados construídos e comunicados. Se há necessidade de se atentar a esses aspectos para representações de imagens da natureza em que a observação pode ser direta, sem contar com aparelhos que venham a produzir uma extensão de nossa capacidade visual, o conjunto de fenômenos fora dessa amostra merece redobrada atenção. Inclusive, há outras características, associadas ao contexto histórico e tecnológico de surgimento de concepções associadas ao conceito estudado, como no caso dos conceitos das dimensões subatômicas, ou

daqueles em que a imagem é artificialmente produzida por computador ou por outro equipamento a partir de modelagem matemática.

Um segundo trabalho que aborda o uso de variadas representações em ensino-aprendizagem é Perales Palacios (2006). Na introdução desse estudo, está declarado que ensinar ciências é ensinar sobre a linguagem científica, e considera que isso inclui imagens, conceitos e leis, além de linguagem lógico-matemática. Descreve que há nos livros um número cada vez maior de desenhos, “mapas conceituais, figuras com aparente realismo, construções geométricas etc.”, e que a necessidade de se usar imagens é um consenso entre a maioria dos professores de ciências, apesar de, normalmente, não considerarem a possibilidade de os alunos construírem suas próprias imagens. O autor também procura estabelecer um sistema de classificação para os diferentes usos das imagens na educação científica, e especifica critérios de análise e valorização de distintos formatos de uso de imagens. Além de apresentar uma revisão bibliográfica em relação ao tema que aborda três áreas: a semiótica, a psicologia – fatores associados à aprendizagem com auxílio do uso de imagens; e a didática das ciências experimentais – em que destaca como são utilizadas imagens pelos agentes envolvidos no processo ensino-aprendizagem do conhecimento científico.

O terceiro exemplo de aplicação do uso de variadas formas de representar conceitos científicos em sala de aula vem da dissertação de mestrado de Paiva (2010), que procurou responder: “Como os alunos do Ensino Médio adquirem uma representação pictórica de um conceito de Física moderna?”; “Quais as características desse processo de aquisição via construção de uma representação de um conceito de física a partir de um texto didático científico?”; e “Quais as principais ideias do texto aparecem nas representações dos alunos?”.

Ao se iniciar esses estudos, em nossa revisão bibliográfica notou-se que havia poucos artigos referentes aos desenhos elaborados pelos alunos, isto exigiu uma revisão criteriosa de trabalhos com temas envolvendo palavras com idêntica conotação que desenho, entre elas: imagens, figuras, representação visual etc. Destacam-se nesses estudos: 1) Quem considera importante ter uma imagem de um conhecimento científico; 2) Considerações de cientistas sobre representações pictóricas; e 3) Considerações dos professores sobre a utilização de representações pictóricas no ensino.

Em uma segunda seção destacando importantes aspectos sobre os desenhos, comenta-se: a aquisição de uma representação pictórica; a manipulação da imagem; a reformulação de uma imagem; a aquisição via leitura de desenhos; a transparência; a densidade gráfica; o uso de gestos e figuras; e as funções da representação pictórica.

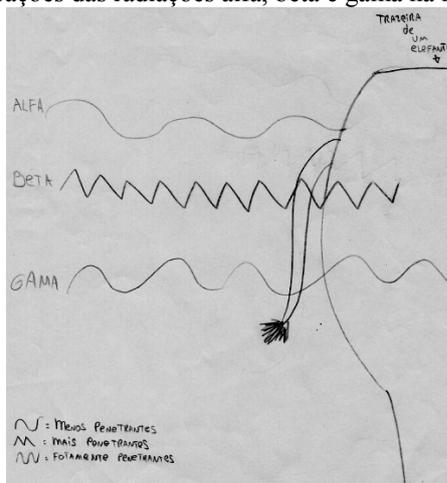
Os dados da pesquisa, da dissertação, foram extraídos em sala de aula, em uma turma da terceira série do Ensino Médio da rede pública estadual, empregando uma sequência didática sobre física de partículas, elaborada por Siqueira (2006), da qual se foi um dos colaboradores. Foram filmadas as aulas e feitas cópias das produções dos alunos. O conteúdo principal era relacionado às distinções entre as radiações alfa, beta e gama. Utilizou-se um texto da sequência didática que explicitava essas distinções e continha duas figuras. Suprimiram-se as figuras e solicitou-se aos alunos que desenvolvessem desenhos com a finalidade de ilustrar as distinções das radiações quanto à penetração na matéria, e quanto aos desvios que são observados quando atravessam uma região com um campo magnético, com intensidade suficiente para se notar a interação com as partículas.

Iniciou-se a análise com as informações contidas no texto destacando as ideias relacionadas à penetração das radiações na matéria; as ideias referentes aos desvios das radiações alfa, beta e gama ao atravessarem uma região com um campo magnético; e as ideias que seriam periféricas, de outros contextos, não relevantes à compreensão das distinções entre as radiações.

Constatou-se alguma resistência no início do desenvolvimento dos desenhos dos alunos. Os alunos hesitaram em desenhar. Em seus relatos, mostraram-se extasiados pelo fato de a atividade em sala de aula ter lugar para autoria do aluno, para criação, criatividade, e pela possibilidade de que não existisse um desenho certo e outro errado. Foi um tanto desconcertante para os alunos não conseguirem identificar o que o professor queria como resposta com seus desenhos, uma vez que realmente não era esperado algo específico, senão um ato de fazer ciência, criando representações sobre o fenômeno estudado.

Após a leitura do texto, os alunos selecionaram as informações que estariam em seus desenhos e passaram a construir suas representações. Em uma aula subsequente, os alunos realizaram uma explanação de seus desenhos, explicitando os significados dos traços por eles representados. A seguir destacamos, na Figura 7, o desenho de um grupo de alunos sobre a penetração das radiações na matéria e nossa sistemática de análise:

Figura 7 – Representação pictórica de um grupo de alunos, retratando as penetrações das radiações alfa, beta e gama na matéria

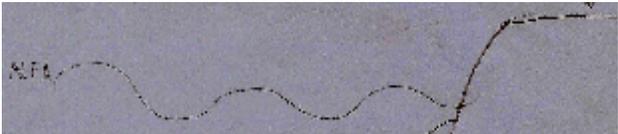
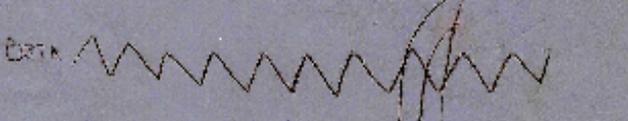


Fonte: PAIVA, 2010, p. 120.

Essa construção foi posterior à leitura do texto que permitiu ao grupo de alunos selecionarem uma gama de informações relevantes para a respectiva construção. Essa leitura não foi superficial, mas árdua, e necessitou de várias intervenções na forma de questionamentos pelo professor para a orientação dos aspectos relevantes a serem retratados. Após a leitura e construção das representações, os alunos tiveram a oportunidade de comunicar a toda turma seus desenhos e se sujeitarem a ponderações do grupo. Convém ressaltar que, embora neste trabalho o foco residisse nos desenhos, a multimodalidade foi evidente.

Da filmagem da aula, salienta-se, no quadro a seguir, o momento de uma das apresentações dos alunos. Na primeira linha, há a foto do aluno Vicente com gestos destacando os signos por eles representados. Na coluna esquerda, estão os registros das correspondentes falas durante a exposição do aluno, e, na coluna direita, as três radiações representadas pelo grupo. Há a integração da representação pictórica, da linguagem verbal e dos gestos.

Quadro 1 - Comunicação multimodal

FALAS	GESTOS E DESENHOS
E aqui eu	
Representei o alfa, né? Que ele é menos penetrante	
O beta que ultrapassou, mas não foi muito,	
e o gama que atravessou.	

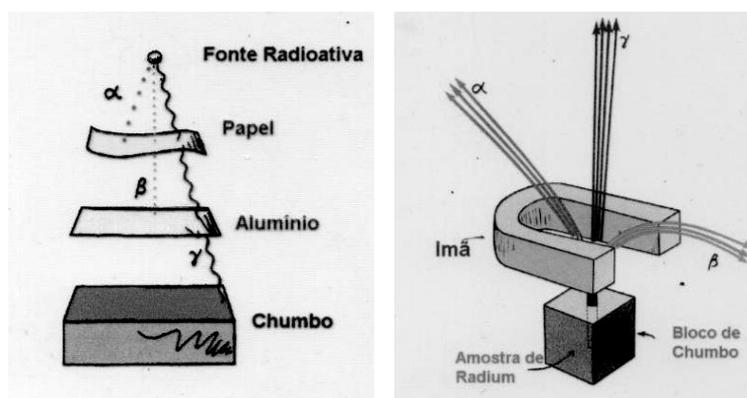
Fonte: PAIVA, 2010, p. 128.

Os alunos buscaram, no decorrer da aula, restringir ao máximo o conjunto de informações que satisfaria a orientação da atividade. Várias informações foram tratadas como periféricas e não centrais para confecção de seus desenhos. Na conclusão da dissertação, há uma descrição sobre o significado construído a partir dos conceitos estudados pelos alunos durante o processo de construção da representação pictórica, empregando vários modos semióticos. E, ao alternar os debates em sala de aula, utilizando e observando os vários modos semióticos empregados, foi possível lapidar a representação pictórica construída, e também do conceito, além destas se constituírem como um importante instrumento para mediar as concepções imaginadas pelos alunos.

Analisaram-se também as imagens que haviam sido suprimidas do texto empregado pelos alunos, na adaptação da atividade, para a retirada de dados para a dissertação. Percebeu-se que não havia uma função específica a elas relacionada. Ignorando o contexto em que foram criadas, ao realizar a leitura destas notou-se um grande número de relações de especialização dos modos semióticos, quando há informações distintas em cada um dos modos de linguagem ou de representação (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003).

Havia um número considerável de informações na leitura dos desenhos que não possuíam correspondência com o texto (PAIVA; BARRELO, 2013).

Figura 8a – Penetrações das radiações na matéria (à esquerda)  
 Figura 8b – Trajetória das radiações ao se deslocarem por um campo magnético (à direita)



Fonte: PAIVA, 2010, p. 107-108.

Na conclusão, destacou-se a necessidade de inclusão de atividades relacionadas à exploração das imagens presentes no texto, principalmente quando essas possuem informações não relatadas no texto. Essas práticas do emprego de imagens dos alunos em sala de aula se mostraram factíveis de serem empregadas (PAIVA, 2010), e julgou-se ter atendido apontamentos de indicativos dos escassos trabalhos empregando esse recurso (PERALES PALACIOS, 2006). Porém, associar esse recurso à construção do raciocínio científico, mapeando as peculiaridades presentes em cada modo de atenção visual, é um dos desafios desta pesquisa. Serão exploradas neste estudo tanto a construção de desenho dos alunos quanto as outras formas de representações visuais empregadas em sala de aula para comunicação e construção conceitual.

## 1.5 REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS

Tomar-se-á como ponto de partida considerações sobre a forma que um grupo de cientistas constrói sua interação com as informações no modo de uma representação gráfica, relatado por Roth (2003), e, posteriormente, serão retratadas algumas pesquisas sobre conhecimento e representações gráficas na pesquisa de ensino de ciências e na sala de aula. Ao descrever o processo de leitura de gráficos por cientistas numa experiência de absorção das luzes pela retina do salmão, Roth (2003) usou o termo “transparência”, afirmando que os cientistas, ao olharem um gráfico da pesquisa, veriam nele o fenômeno. Porém, até chegarem

a esse momento, menciona o envolvimento dos cientistas em todo o processo de manipulação da experiência, de tomada dos dados, no tratamento dos dados com um *software* e na leitura desse gráfico. Após longo período de pesquisa, estando totalmente familiarizados com todas as etapas do processo, os cientistas passam a ler o gráfico sem a necessidade de antes tratar os dados por meio de *software*. Reportavam as características ocorridas durante a experiência apontando algum ponto ou traço no gráfico, cuja transparência não residia em uma simples leitura de um gráfico.

Essa pseudotransparência descrita em Roth (2003) corresponde ao fruto de uma imersão na atividade científica; mesmo os cientistas precisam dessa imersão até o momento de assimilação conceitual a ponto de utilizar de modo autônomo a representação gráfica. Esse fato revela a necessidade de um processo para construção da competência leitora de representações gráficas, mas que deve ocorrer para outras formas de representação, inclusive as representações matemáticas. Um abandono de recorrência ao objeto físico e as declarações tendo por suporte as representações visuais serão categorizadas, como rumo à transparência de Roth (2003) e à abstração conceitual. A construção e leitura de representações gráficas têm sido objeto de estudo de vários pesquisadores do ensino de ciências (AGRELLO; GARG, 1999; ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004; FLORES; MORETTI, 2005; CARMO, 2006; 2009a; 2009b).

Agrello e Garg (1999) apresentam um estudo centrado nas dificuldades que os estudantes têm ao interpretarem gráficos de cinemática. Vinte e uma questões de múltipla escolha desenvolvidas por Beichner (1994) foram aplicadas junto a seus alunos, que terminaram o High School na Carolina do Norte, Estados Unidos, e os resultados foram comparados aos 228 alunos recém-chegados à Universidade de Brasília (UnB). Na sequência do artigo, os autores citam dados estatísticos dos resultados e comparam as repostas dos alunos norte-americanos e brasileiros.

Esses pesquisadores citam os tipos de erros cometidos pelos alunos brasileiros e norte-americanos que foram praticamente os mesmos: dificuldade de calcular a inclinação em um gráfico, confusão entre altura e inclinação etc. Porém, em todas as questões ocorreu um pequeno percentual superior de acertos nas questões respondidas pelos brasileiros, em relação às respostas dadas aos testes pelos alunos norte-americanos. Os autores apresentam também algumas citações que fazem referência às concepções dos autores sobre as imagens associadas à linguagem verbal e à realidade física.

Flores e Moretti (2005) se propõem a analisar como as representações gráficas possuem códigos e regras para sua composição e requerem um tratamento específico no

sistema de representação. Eles se detêm em analisar tabelas apresentadas em livros didáticos de matemática para o Ensino Fundamental II. Citando Duval (1999), os autores concordam que são quatro as funções que as representações podem preencher: função de comunicação, tratamento, objetivação e identificação. As três primeiras são categorizadas como presentes no trabalho cognitivo, e a última como a que permite a recuperação da memória.

Carmo (2006) analisa em uma perspectiva multimodal, em uma perspectiva dos vários modos semióticos empregados em uma aula experimental investigativa sobre o aquecimento de água junto a alunos do Ensino Médio: a tomada de dados, a organização em forma de uma tabela, a transição dos dados da tabela para o gráfico e deste para a respectiva equação. O autor classifica as variadas linguagens empregadas quanto às funções para o auxílio da construção dos significados: se representacional, de orientação ou organizacional.

Em Carmo e Carvalho (2009), os autores tecem uma análise multimodal das relações entre as linguagens empregadas na aula experimental investigativa com a finalidade de se levantar a curva de aquecimento da água. Destacam a linguagem verbal escrita e falada, gestual e gráfica. As relações foram classificadas: como de cooperação ou de especialização, conforme conceituou Márquez, Izquierdo e Espinet (2003); se apresentam destaques tipológicos ou topológicos; e que aspectos das ações dos alunos possuíam similaridades com as ações dos cientistas, destacando um processo de inclusão dos primeiros na cultura científica.

Mais adiante, Carmo e Carvalho (2012), discorrendo sobre o processo de argumentação em sala de aula, analisaram as muitas representações empregadas, cujo objetivo instrucional era a construção e interpretação de representações gráficas para interpretar o fenômeno de aquecimento da água. Os autores utilizaram o padrão de argumentação de Toulmin para caracterizar a argumentação.

Esses trabalhos apontam para a necessidade de outras formas de mediação com um conceito, além da representação gráfica. Essa não é natural, e se cientistas necessitam se ambientar a elas para construção de significado, ou de transparência (ROTH, 2003), certamente também os alunos. Em Roth (2003), essa mediação é feita com a volta à experiência, em Araujo, Veit e Moreira (2004), com o auxílio de outras representações visuais e modelagem computacional, e em Carmo (2006) e Carmo e Carvalho (2009), com debates e gestos sobre as percepções experimentais.

As representações gráficas fazem parte das representações empregadas em matemática, com forte aspecto ostensivo, expressando a relação entre duas grandezas em um único ponto, possibilitando inferências sobre o comportamento das variáveis envolvidas. Há

possibilidade de que representações gráficas sejam perceptíveis em nossos dados, mas não representadas de forma tradicional, mas como imagens no applet, assim com demanda da mesma habilidade de leitura como de um diagrama cartesiano. Nesta análise, ocorrendo quaisquer modalidades de representação gráfica, serão mapeadas associadas às outras formas de representação que concorram na construção do raciocínio científico.

## 1.6 REPRESENTAÇÕES MATEMÁTICAS

A importância do caráter matemático nas construções do conhecimento científico tem sido enfatizada em várias pesquisas, tanto referentes à história e epistemologia da ciência quanto ao ensino de ciências. A seguir, estão os aspectos dos trabalhos considerados relevantes ao foco desta tese, que descrevem o uso de analogias para a construção de modelos.

Em Silva (2007), há a descrição de como Thomson e Maxwell se valeram de analogias para construir seus modelos. Thomson, exímio matemático, estudou fenômenos totalmente diferentes, fluxo de calor, atração eletrostática e atração gravitacional, e, empregando analogia formal, definiu uma imagem mental de fenômenos elétricos e magnéticos a partir da estrutura das equações matemáticas tomada de outra teoria das ciências (SILVA, 2007, p. 840), ao vislumbrar que o deslocamento dos campos dos fenômenos considerados ocorria da mesma maneira que os deslocamentos em um meio elástico. O termo “analogia formal”, Silva (2005; 2007) tomou de Marry Hesse (1972) e a descreveu como:

No primeiro caso (analogia formal), as mesmas relações axiomáticas e dedutivas relacionam sujeitos e predicados de sistemas análogos, que são descritos por equações semelhantes. Por exemplo, um pêndulo e um circuito elétrico oscilante são formalmente análogos entre si, pois ambos podem ser descritos por uma mesma equação diferencial. (SILVA, 2005, p. 2).

Thomson partia da dinâmica (SILVA, 2007), pois julgava fácil construir analogia tendo em vista o que bem compreendia. Silva (2005) também descreve o processo de construções de ideias científicas de Maxwell, a partir de analogias, destacando as analogias formais e as construções da ciência, utilizando representações matemáticas para desvendar propriedades de um fenômeno. Às vezes, a propriedade física se apresenta primeiro no campo da analogia, e é necessário compreender como identificar no fenômeno aquilo que foi previsto na teoria, na analogia, no tratamento matemático dos dados. A autora afirma que essa seria a concepção de Maxwell:

Para ele (Maxwell), as analogias físicas proporcionam um método de investigação que permite visualizar cada passo até se atingir uma concepção física clara, sem a necessidade de hipóteses baseadas em outras teorias físicas. (SILVA, 2005, p. 6).

A autora também fez considerações sobre outra forma de analogia, a analogia material, definida por Hesse (1972). Para Silva (2005; 2007), as representações matemáticas para descrever um fenômeno físico são analogias formais, sem necessariamente existir semelhança entre os sujeitos e o sistema modelado. Dois sistemas podem ter relação análoga formal e não material. Mas, nos casos de existir analogia material: “[...] há também semelhanças físicas entre os sistemas, como por exemplo, na teoria cinética dos gases que considera um gás como um conjunto de pequenas esferas”. (SILVA, 2005, p. 2).

Esses olhares sobre a maneira que se constrói significados, sobre as correspondências entre modelo e fenômeno modelado empregando analogias, formal ou material, serão convenientes para considerações sobre os dados deste trabalho, uma vez que o aspecto visual e a formação de imagens para representação do modelo são comumente empregados junto às analogias materiais.

Por sua vez, Tweney (2011) procurou expor as bases cognitivas sobre a forma de raciocínio e as considerações feitas por Maxwell na construção de suas equações. O autor pondera que Maxwell partiu das representações imagéticas de Faraday, e que há natureza matemática nessas representações.

Para Maxwell, suas equações da eletrodinâmica refletem uma teoria subjacente que foi muito parecida à de Faraday. No presente artigo, examino o sentido em que isso é verdade, e as implicações que isto tem para a pedagogia do ensino da ciência. [...] Em sua riqueza social, cultural e contextual, cognitivo-histórica abrem-se novas perspectivas sobre a realidade da ciência e sobre como os cientistas realmente adquirem suas habilidades. (TWENEY, 2011, p. 688).

Esse autor descreve três usos da matemática na física: 1) cálculo: quando se ligam valores específicos de um conjunto de variáveis para calcular o valor de outro; 2) derivação: usa-se quando se quer derivar uma expressão de outra; 3) representação: de certa forma, este é o mais importante, de acordo com Maxwell. Para fazer física, segundo este, em vez de “matemática pura”, era preciso saber perceber que, uma vez que algo foi expresso matematicamente, isso faz diferença em como se pode pensar.

Maxwell argumentou de forma convincente que a matemática deve ser utilizada de forma que reflita a teoria física que está sendo representada. (TWENWY, 2011, p. 691).

Tweney (2011) argumenta sobre o sentido das equações de Maxwell, e considera as dificuldades que têm os alunos em dar a estas significados. Descreve a formação de Maxwell e faz algumas considerações do que teria sido especial em sua formação e julga também relevante para os alunos hoje em dia: o tempo de estudo e o automatismo diante de um problema.

Uma forma de representação matemática de grande aplicabilidade nos campos das ciências e, principalmente, na física, são as tabelas. Perini (2005) afirma que cientistas utilizam representações visuais, inclusive tabelas, para defenderem seus argumentos. Para a autora, figuras, as tabelas ou outras formas de modalidade de representações visuais não são meras ilustrações, expressões redundantes junto a um texto, mas exercem um papel fundamental conferindo força e poder de persuasão ao argumento, sendo usadas como apoio na colocação das hipóteses ou como suporte às evidências.

A autora toma duas situações para explicar essas concepções. A primeira uma tabela e a segunda a imagem de uma micrografia. Quanto à organização visual disposta em uma tabela, Perini (2005) argumenta: que as inferências sobre as relações entre características de um conjunto de valores são facilitadas pelo formato visual, inclusive relações de ordem superior; que a forma espacial é essencial para o apoio e as representações pictóricas para fornecer hipóteses. E, quanto à micrografia, a autora expressa a relevância de se conhecer o processo de construção desta.

A tabela apresenta os dados em formato que não exige um passo adicional de avaliação para relacionar os dados a hipótese. O formato tabular pré-classifica os dados em conjuntos ordenados usando relações espaciais para representar relações entre conjuntos de valores experimentais [...] Relações dentro e entre estes conjuntos podem, então, ser avaliadas utilizando as relações espaciais relevantes [...] (PERINI, 2005, p. 923)

Em Tweney (2011), estão apontados os usos de matemática na física, o cálculo, a derivação e a representação, e em seu trabalho testemunha que a contagem das linhas de campo realizado por Faraday tinha caráter matemático, certamente enquadrado por ele em representação. Perini (2005) aborda o uso de tabelas e outras representações imagéticas na construção de argumentos. Em Silva (2005; 2007), o caráter do uso da matemática na construção do conhecimento científico é específico, considerando equações diferenciais, no tópico pela autora abordado. Para alunos de Ensino Médio, cálculo e derivação não fazem parte de seus campos de estudo. Caso haja indícios de representações matemáticas nos dados desta pesquisa, esses estarão mais próximos às considerações de Sasseron e Carvalho (2008), que, ao estruturarem os identificadores de Alfabetização Científica, especificaram um deles

como sendo o raciocínio proporcional, permitindo que se considere como os alunos percebem as relações entre as variáveis de um fenômeno. Proporcionalidade é um conceito da matemática muito empregado em ciências, principalmente em física.

Outro nicho de considerações, embora envolva perspectivas sobre cálculo, tem sido tratado nas pesquisas do ensino de ciências com foco em questões sobre linguagem empregando as considerações de Lemke (1998; 1999; 2002b) sobre conceitos topológicos e tipológicos. Há uma dessas aplicações em Carmo e Carvalho (2009b), realçando algumas transições entre modos de linguagem até que os alunos cheguem à construção de significados empregando representações matemáticas, análise sobre a construção de gráficos pelos alunos e a construção de uma representação algébrica.

Neste trabalho, leva-se em consideração que, pelas diversas linguagens em variadas representações, externaliza-se a concepção que se aproxima do mental. Aproxima-se porque nenhuma linguagem é capaz de expressar todo o pensamento. Por isso mesmo, aponta-se duas outras considerações: 1) Ao se utilizar múltiplas linguagens, a tendência é de que a comunicação seja mais completa que ao se utilizar uma única linguagem; 2) Embora se discutam representações matemáticas nesta seção, deve-se salientar que, entre os processos de materializar o modelo ou as representações, está a construção de desenhos, representações pictóricas que como qualquer outra modalidade de linguagem terão muitos aspectos coerentes e claramente identificados e outros que permeiam os limites representacionais.

## 1.7 REPRESENTAÇÕES GESTUAIS

Vários pesquisadores no campo do ensino de ciências têm destacado a relevância dos gestos no processo de construção de conceitos científicos pelos alunos: Roth e Lawless (2002), analisando a emergência da linguagem com o manuseio de perceptos, tanto por cientistas quanto por alunos; McNeill (1992; 2002; 2005) e Cadoz (1994), classificando movimentos e gestos e descrevendo aspectos da dialética de uma comunicação híbrida gestual e verbal. No contexto das pesquisas nacionais, tem sido observada a lógica do raciocínio elaborada pelos alunos, apresentando como objeto para a análise não apenas a linguagem verbal, mas também a gestual (LOCATELLI; CARVALHO, 2007; PADILHA; CARVALHO, 2012; MARTINS et al., 2005).

Roth e Lawless (2002) argumentam sobre a emergência da linguagem observacional e teórica no âmbito da enculturação científica, envolvendo manipulações que dão origem a gestos, sobre os quais se apoia o surgimento da linguagem. Ao analisarem episódios de aulas

em que alunos travam debates sobre força e velocidade, usando computadores em uma simulação, os autores discorrem que a linguagem inicial dos alunos é breve, incoerente e inconclusiva. Mas, após as manipulações iniciais, surgem os movimentos gestuais, e a linguagem verbal ganha elementos que a tornam mais apropriada. Quando os envolvidos na pesquisa retornam, *a posteriori* à situação experimental, a linguagem atinge uma forma com maior coerência. Eles destacam ainda que esse processo, por meio de manipulações, gestos e fala, é essencial para facilitar a emergência da linguagem. Sem dêiticos e icônicos, mesmos cientistas teriam dificuldade para construir e comunicar conhecimentos.

Os alunos começam suas primeiras explicações reencenando por partes (ou pelo todo) uma investigação que servirá como tema de fundo aos seus enunciados. Em tentativas subsequentes, os materiais e equipamentos ainda funcionam como base, mas gestos começam a substituir os objetos e eventos reais. Na próxima fase, os alunos falando frequentemente empregam um objeto ou um gesto diferente apenas para representar algum aspecto relevante do evento e, finalmente, representam todos os aspectos relevantes de objetos e eventos em forma simbólica (abstrata). (ROTH; LAWLESS, 2002, p. 376).

Apesar de Roth e Lawless (2002) fazerem distinção entre manipulações e gestos, citam os movimentos ergóticos de Cadoz (1994), os movimentos de detecção de Weissberg (1999), definidos também por movimentos epistêmicos por Kirsh e Maglio (1994), e os gestos simbólicos. Declaram não terem encontrado um estudo que relacionasse esses três modos de movimentos, importantes aspectos da cognição em qualquer cultura.

Objetos podem ser manipulados para facilitar a percepção, reconhecimento, o pensamento, planejamento e assim por diante. Tais manipulações foram também denominadas “epistêmicas”. (ROTH e LAWLESS, 2002, p. 372).

No presente trabalho essas manipulações estarão divididas e categorizadas em dois moldes: os movimentos epistêmicos, principalmente os movimentos para percepção e reconhecimento, que estão associados a movimentos para interação sensorial; e os movimentos para promover ações características do objeto estudado, tal como, apertar a parte interna de uma caixa de fósforo para abri-la; colocar os dedos em uma bola de boliche para lançá-la. Estes movimentos são inerentes ao manuseio destes objetos, assim, embora sejam movimentos epistêmicos na categorização de Roth e Lawless (2002), atribuísse-lhes a categoria de movimentos ergóticos. Na conclusão, Roth e Lawless (2002) enfatizam que as manipulações e gestos desempenham função ostensiva e conectiva, propiciando a emergência da linguagem.

A função ostensiva de gestos, que liga palavras emergentes e objetos no mundo dos alunos, é uma invariante cultural. Portanto, fornece a base para a nova língua a surgir, graças ao ambiente compartilhado, em que os alunos trabalham. Ou seja, através de suas interações, e desenho sobre gestos dêiticos e icônicos, os alunos podem chegar a um acordo sobre o que é perceptivamente similar. Estas entidades perceptivamente semelhantes tornam-se a base sobre a qual a linguagem pode emergir. (ROTH; LAWLESS, 2002, p. 382).

McNeill (2002) levanta a questão sobre a definição e imprecisão da palavra gesto, que abrange uma série de fenômenos, com diferentes funções e plausivelmente diferentes processos subjacentes de evocação e organização. Emprega o termo gesto também para gesticulações e distingue emblemas gestuais como sinais distintos e codificados.

Esse autor descreve uma situação exemplificando como gestos e fala mostram o pensamento de um indivíduo em um momento específico: um orador estava descrevendo um episódio de um desenho animado e declarou que o personagem foi inserido em um tubo de drenagem subindo até o final e, no instante em que relatava o ocorrido, gesticulava com a mão direita aberta como uma cesta, palma virada para cima e dedos abertos, movendo-se para cima. Na sequência, McNeill descreve aspectos da representação visual presente na narrativa:

O gesto incorpora várias ideias – o personagem (o próprio lado) levantando-se (a trajetória) e interioridade (a forma aberta). Essa combinação de significados em um único símbolo é imagética. As ideias que, em um discurso exigem uma separação no tempo, são concentradas e instantânea no gesto. O gesto não parece ter sido um esforço de comunicação consciente. O olhar não foi dirigido para a pessoa que fala e não havia separação temporal ou qualquer outra indexação do mesmo. Foi um movimento inconsciente com significado semântico, que foi produzido em coexpressão com o discurso e que transporta a mesma significação. (MCNEILL, 2002, p. 2).

Em McNeill (2008), alguns dos aspectos relativos à associação das linguagens gestual e verbal são recolocados e outros são acrescidos. Gesto e pensamento apresentam uma concepção de “linguagem dialética imagética”, e, embora síncrona, fala e gesto criam uma instabilidade que alimenta o pensar para falar sobre o que se está resolvendo.

Gesto é um componente integral da linguagem nessa concepção, e não apenas um acompanhamento ou ornamento. Tais gestos são síncronos e coexpressivos com a fala, não redundante, e não são sinais, saudações, ou emblemas. Eles são frequentes, cerca de 90% dos enunciados falados em discurso descritivo são acompanhados por eles. (MCNEILL, 2008,)

Cadoz (1994) realizou um estudo sobre gestos e apresentou algumas possibilidades de categorias para classifica-los. Para gesticulação associada à fala, que ocorre de maneira espontânea, ele apontou as categorias de McNeill (1992): 1) Gestos icônicos – representam alguma característica do objeto, ação ou evento descrito; 2) Gestos metafóricos – representam

uma metáfora comum, ao invés do objeto ou do evento; 3) Gestos *beat* – pequenos gestos, sem forma, mais associados a promover ênfase à fala; 4) Gestos dêíticos – apontamentos às pessoas, objetos ou eventos no espaço ou no tempo.

O autor apresentou considerações sobre o papel dos gestos junto à fala: 1) pode modificar o conteúdo do discurso ou desempenhar um papel semelhante à entonação da voz; 2) que em uma sequência de gestos, um afetar o outro; 3) e a dificuldade de se segmentar gestos.

Segmentar automaticamente gestos é difícil, e muitas vezes é sutil ou ignorada em sistemas atuais, exigindo uma posição de partida no tempo e/ou espaço. Semelhante a este é o problema de distinguir gestos intencionais de outros movimentos aleatórios. (CADOZ, 1994).

Vários aspectos de um gesto podem ser relevantes e, portanto, podem necessitar ser representados explicitamente. Hummels e Stappers (1998) descrevem quatro aspectos de um gesto que podem ser importantes para o significado: onde o gesto ocorre; a trajetória realizada pelo gesto; o sinal feito pelo gesto; e a qualidade emocional.

Martins, Gouveia e Piccinini (2005) relatam a análise sobre o estudo de imagens empregadas em livros didáticos e fazem considerações sobre o tempo de leitura destas, intertextualidade, engajamento afetivo-cognitivo e estético, articulação entre diferentes modos semióticos e a centralidade de alguns desses modos. Nesse trabalho e também em Piccinini e Martins (2003 e 2004), as autoras descrevem seus dados em palavras, gestos e imagens, e indicam os gestos como elemento facilitador de interação com as imagens. Acrescente-se ainda que a maneira utilizada no registro de seus dados assemelha-se ao empregado por Kress (2001).

Locatelli e Carvalho (2007) descrevem uma análise de raciocínio utilizado na resolução de problemas de conhecimento físico, por alunos das séries iniciais do Ensino Fundamental. Enquadram o raciocínio dos alunos em uma ferramenta por eles elaborada, que integra o padrão de argumentação de Toulmin (1958) e a construção do raciocínio científico de Lawson (2002; 2004), os quais merecerão comentários no próximo capítulo. Consideram também em sua análise as relações compensatórias, nos moldes da legalidade e causalidade a partir de Piaget (1977). Os autores empregam a observação de gestos e figuras nos turnos que compõem os episódios de aulas de onde tomaram seus dados. Porém, a abordagem foi de utilização dos gestos para apurar melhor a descrição dos eventos ocorridos em cada turno. A título de conclusão, os pesquisadores observam que o padrão de raciocínio proposto por

Lawson (2002; 2004) se completa quando os alunos procuram a causa para explicar a resolução do problema.

Padilha e Carvalho (2012) argumentam sobre as relações entre palavras e gestos adotadas por estudantes do Ensino Fundamental, em aulas de conhecimento físico, apresentando um episódio em que a linguagem inicialmente confusa ganhou coerência no decorrer da atividade, com as crianças empregando termos do cotidiano associados aos gestos.

## 2 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

O referencial teórico desta pesquisa tem abordado o emprego de vários modos semióticos na construção e comunicação de conceitos científicos, destacando o uso de representações imagéticas: tanto desenhos, imagens em computadores e gestos nas mediações com essas representações, quanto representações gestuais icônicas de um fenômeno ou conceito, ou algum modo de representação matemática.

Os dados que, possivelmente, serão extraídos na sala de aula proporcionarão olhar esses itens pré-assumidos dos destaques com maior probabilidade de ocorrerem em aulas cuja metodologia empregada seja de ensino por investigação. Gráficos, desenhos e tabelas embora estejam presentes também no ensino tradicional, mas devido ao contundente aspecto transmissivo dessa forma de ensino, as interações dos alunos com essas representações são minimizadas e sem a ênfase que propicie explorá-las na construção de conhecimento.

Neste capítulo, apresentaremos as considerações de alguns pesquisadores que têm se detido no estudo dessa perspectiva de ensino. Há os que relatam o desenvolvimento histórico dessa concepção de ensino (DEWEY, 1971; DeBOER, 2006; MUNFORD; LIMA, 2007; RODRIGUES; BORGES, 2008; TRÓPIA, 2011), e outros que trabalharam com foco na aplicação dessa metodologia de ensino em sala de aula (CARVALHO et al., 1999; AZEVEDO, 2004; CARVALHO, 2013).

Em Trópia (2011), há a origem do termo “investigação” ou proposta investigativa. Nesse artigo, o autor tece comentários sobre o contexto: o desenvolvimento tecnológico industrial, a crise da bolsa norte-americana de 1929, nos EUA, e as ações governamentais para desenvolvimento da ciência, quando as ideias de Dewey sobre educação foram elaboradas tendo como objetivo a utilização do método científico. Disso resultou, em vários países do mundo, a partir de meados do século XX, diversas propostas de ensino por investigação, o qual tinha a possibilidade de refletir sobre questões sociais e morais. Entre os aspectos da concepção de ciência e de métodos para o desenvolvimento de sua construção e ensino estavam a definição do problema, às hipóteses, uma sugestão de solução, a construção e realização do teste experimental e a formulação da conclusão (DEWEY, 1971).

Os projetos desenvolvidos para disseminação da ciência em Trópia (2011) precisavam ser contextualizados com as necessidades do mercado brasileiro. Assim, em 1946, foi criado o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (Ibccc) e, posteriormente, foi desenvolvido o projeto de tradução de materiais didáticos produzidos nos EUA e na Inglaterra na década de 60. Os primeiros foram os *kits* de química para a realização de experiências em

sala de aula, também disponibilizados para venda ao público. Estão entre esses materiais: Chemical Education Materials Study, traduzido no como Química – uma ciência experimental (Chem Study), Biology Science Curriculum Study – Currículo de Estudos de Ciências Biológicas (BSCS), Physics Science Study Committee – Comitê de Estudos de Ciências Físicas (PSSC). Também descreve o propósito relativo ao ensino utilizando esses materiais: “possibilitar a vivência dos alunos com o método científico”; “pensar como cientista”; desenvolver uma aprendizagem com ações em “observação, classificação, inferência, coleta de dados, controle de variáveis, interpretação dos dados e conclusão”.

Em Krasilchik (KRASILCHIK 2000 apud TRÓPIA, 2011), há destaque à convicção de que nos projetos curriculares das décadas de 50 a 70 a ciência era considerada uma atividade neutra e fixa com a aplicação do método científico, que constava de: um problema, elaboração de hipóteses e respectiva verificação experimental e conclusão. Todo o contexto social histórico do desenvolvimento científico era posto à parte. Os alunos, ao utilizarem os materiais desenvolvidos, concentrados apenas na execução do método científico, desenvolviam uma visão neutra e distorcida da investigação científica. Citando Moreira e Ostermann (1993), o autor apresenta cinco concepções errôneas da atividade científica presentes em livros didáticos na década de 90, resultantes da visão de uma ciência neutra e de um movimento histórico de continuidade das práticas de ensino durante a segunda metade do século XX. São elas: 1) O início do método científico se dá pela observação; 2) A investigação científica é constituída de etapas rígidas e lineares a serem desenvolvidas; 3) As teorias científicas são feitas por indução; 4) O processo de produção da ciência é cumulativo ou linear; 5) A existência de um conhecimento científico definitivo.

A partir da década de 80, nas pesquisas em Educação em Ciências, as atividades investigativas foram associadas às teorias do ensino de ciências, e a partir da década de 90, as investigações foram retomadas como prática de ensino de ciências: nos EUA no *Ciência para todos (Science for All)*, e, na Inglaterra, no *Entendimento Público da Ciência (Public Understanding of Science)*. Duschl (2008) menciona as novas concepções unidas à investigação científica como prática de ensino de ciências: a Natureza da Ciência; e as relações das atividades do ensino de Ciências por investigação com aspectos sociais, movimento iniciado nas décadas de 60 e 70 denominado Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Munford e Lima (2007), tomando como referência Driver (1999), expõem que há a concepção de que o ensino de ciências por investigação deve fazer aproximação das práticas especializadas dos cientistas para a sala de aula, e comentam as possibilidades para que isso

seja feito. O ensino por investigação não é simples, embora possa parecer natural para alguns. É, na verdade, fruto de estudo de vários campos de conhecimento humano, e uma demanda histórica em face de um ensino feito por transmissão de conceitos e teorias. Nesse trabalho, há a descrição da existência de três concepções equivocadas sobre o ensino por investigação: 1) O ensino por investigação envolve necessariamente atividades experimentais e práticas; 2) O ensino por investigação envolve atividades “abertas”; e 3) O ensino por investigação deveria ser a metodologia empregada em toda situação de ensino.

Eles descrevem as concepções de ensino por investigação nas orientações educacionais nos EUA. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais Norte-Americanos para o Ensino de Ciências, seria combinar conceitos e teorias científicas com processos, tais como: observação, inferência e experimentação.

Nesse caso, não basta fazer observações e levantar hipóteses sobre mudanças nas características de uma população de pássaros, nas características de um material ou no movimento de um objeto. Fazer ciências significa se apropriar de teorias do campo científico para investigar e explicar esses fenômenos [...]. (MUNFORD; LIMA, 2007, p. 83).

No documento *Investigação e os Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências: Um Guia para Ensino e Aprendizagem* (Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning), elaborado em 2000, é proposto como essencial ao ensino de ciências por investigação que os aprendizes: se engajem com perguntas de orientação científica; deem prioridade às evidências ao invés de priorizar dar respostas a questões; formulem explicações a partir de evidências; analisem suas explicações à luz de alternativas, em particular as que refletem o conhecimento científico; e realizem a exposição de explicações propostas.

Os autores elencam os processos cognitivos, ou as formas de raciocínio listadas por Chinn e Malhotra (CHINN; MALHOTRA, 2002, p. 89), presentes na investigação científica: “Gerar questões de pesquisa; Planejar as investigações; Realizar observações; Explicar resultados; Desenvolver teoria; Estudar outros relatos de pesquisa”. Além disso, retomam algumas e expressam outras características que deveria ter o ensino de ciências, citando Driver (1999) e Duschl (1994), entre elas promover a participação dos alunos em algumas práticas que têm os cientistas; socializá-los nas práticas da comunidade científica; e compreender a natureza das explicações científicas.

[...] aprender ciências não é uma questão de simplesmente ampliar o conhecimento dos jovens sobre os fenômenos – uma prática talvez mais apropriadamente denominada estudo da natureza – nem de desenvolver e organizar o raciocínio do

senso comum dos jovens. Aprender ciências requer mais do que desafiar as ideias anteriores dos alunos mediante eventos discrepantes. Aprender ciências envolve a introdução das crianças e adolescentes a uma forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo; tornando-se socializado, em maior ou menor grau, nas práticas da comunidade científica, com seus objetivos específicos, suas maneiras de ver o mundo e suas formas de dar suporte às assertivas do conhecimento. (DRIVER et al., 1999, p. 36 apud MUNFORD; LIMA, 2007, p. 79).

Rodrigues e Borges (2008) ressaltam a influência de John Dewey no desenvolvimento de uma perspectiva pragmática, instrumentalista do ensino de ciências, opondo-se a um ensino pelo acúmulo de informações. Descrevem o início da disciplina ciências nas atividades escolares, juntamente com o uso do laboratório, destacando três maneiras de utilização que surgiram durante o século XIX: a descoberta verdadeira, a verificação e a investigação:

- a) a descoberta verdadeira: os estudantes têm o máximo de liberdade para desenvolverem suas pesquisas explorando o mundo natural, tal como os cientistas;
- b) a verificação: os estudantes confirmam fatos ou princípios científicos no laboratório;
- c) a investigação: os estudantes realizam práticas orientadas para a resolução de questões.

Na segunda metade do século XX, de 1950 a 1970, houve um discurso para um retorno a uma educação científica por transmissão da herança cultural, um ensino que seria um treinamento para gerar uma mente disciplinada, deixando de promover um ensino tão centrado no aluno. Surgiram nessa época os grandes projetos BSCS, PSSC, Science Curriculum Study – Currículo de Estudo de Ciências (SCIS), e Elementary Science Study – Estudo Elementar de Ciências (ESS), com a finalidade de que o ensino de ciências se assemelhasse ao que é praticado pelos cientistas (DeBOER, 2006).

A educação, no início dos anos 70, e também o ensino de ciências passou a ter foco na vida prática, e Rodrigues e Borges atribuem a este fato o surgimento da perspectiva de alfabetização científica difundida no movimento CTS. Na década de 80, os neoprogressistas se mostram compromissados com o rigor acadêmico e a herança científica. Na década de 90, os autores esclarecem que, nos documentos norte-americanos, o ensino de ciências passa a dar ênfase à alfabetização científica, coerente com a natureza da investigação científica. Mencionam sobre diversos textos que têm sido publicados sobre ensino por investigação, geralmente, em concordância com as linhas propostas tanto no Science For All Americans – Ciência para todos os americanos (AAAS, 1989), como no National Science Education Standards – Normas para a Educação Nacional em Ciências (NRC, 1996).

Lederman (2006) também comenta acerca do desenvolvimento histórico do ensino por investigação, mas em uma perspectiva positiva, de que ela está em foco há muito tempo, e faz considerações para que sua implementação seja efetiva. O estudioso assinala o objetivo dos esforços existentes nos documentos norte-americanos (AAAS, NRC) para o desenvolvimento das concepções adequadas sobre a natureza da ciência e a investigação científica, comentando que esses objetivos são centenários, mas que, infelizmente, tiveram pouco impacto na educação.

Além disso, o autor projeta que o impacto nas reformas educacionais contemporâneas será similar, pela falta de compreensão dos professores do que é a natureza da ciência e a investigação científica, e estima que o progresso seria significativo se esses temas fossem abordados com referências às pesquisas em educação e se a natureza da ciência estivesse dentro do contexto de investigação científica. Dessa forma, defende que sete aspectos da natureza da ciência devem ser incluídos no currículo de ciências: o conhecimento científico é provisório, baseado em experimentação, subjetivo, envolve interpretação, envolve inferência humana, criatividade e imaginação, além de ser social e culturalmente incorporado. Lederman (2006) esclarece que investigação científica refere-se às abordagens sistematizadas empregadas por cientistas para chegar a respostas às perguntas de seu interesse; que o formato do método científico é uma distorção das noções de investigação científica, quando compreendido como conjunto fixo de passos usados por todos os cientistas para responder a questões científicas.

A investigação científica se estende além do mero desenvolvimento de habilidades de processo, [...] inclui os processos de ciências tradicionais, mas também se refere à combinação destes processos com o conhecimento científico, o raciocínio científico e o pensamento crítico para desenvolver o conhecimento científico (LEDERMAN, 2006, p. 309).

Do AAAS (1993), Lederman (2006) descreve que os alunos devem ser capazes de entender a lógica de uma investigação e de analisar criticamente as afirmações baseadas nos dados de uma investigação. E, da perspectiva do National Science Education Standards, que:

Os alunos devem ser capazes de desenvolver as questões científicas e, em seguida, projetar e conduzir investigação em que irão produzir os dados necessários para se chegar às conclusões para as questões estabelecidas. (NRC, 1996, p. 309).

Lederman (2006) declara que, ao longo dos anos, duas abordagens têm sido empregadas para promover Natureza da Ciência e de Investigação Científica: que no fazer ciência os alunos entenderão aspectos da Natureza da Ciência e da investigação científica; e

que na incorporação da história da ciência nas práticas de sala de aula promove-se uma melhor visão sobre a Natureza da Ciência.

Afere-se a presença de aspectos da Natureza da Ciência em sala de aula pela autoria, se colocada pelo professor ou pelos alunos e não todas as características apontadas pelos diversos autores (LEDERMAN, 2006; CARVALHO et al. 1999), mas se relatada alguma delas, conforme Tabela 1, a seguir:

Tabela 1 - Graduação para Aspectos da Natureza da Ciência

Natureza da ciência	Nível
Há apenas a citação sobre um aspecto por parte do professor.	I
O professor ressalva algum(ns) aspecto(s).	II
Aspectos são debatidos no diálogo professor/aluno.	III
Os alunos promovem debates sobre um ou mais tópicos.	IV

A seguir, serão apresentados trabalhos publicados sobre o ensino por investigação aplicado em sala de aula em classes de Ensino Médio. A relevância consiste em demonstrar que ensino por investigação é uma metodologia para sala de aula com características bem definidas e aplicáveis.

Em Carvalho et al. (1999), aborda-se diferentes metodologias, em que foram aplicados princípios de investigação em sala de aula. O primeiro molde de atividade investigativa a que se referiram é o emprego de textos com relatos da história da ciência. Os autores chamam atenção que ao utilizá-la, algumas concepções conceituais, do senso comum, apresentadas nos momentos históricos em que ocorreu sua superação, podem se manifestar na concepção dos alunos, portanto, a história da ciência seria um instrumento eficiente para auxiliá-los a construir concepções mais atuais. Outro aspecto valorizado diz respeito à natureza da ciência, como construção humana, não acabada, resultado de trabalho empreendido. Dentro das estratégias de utilização de texto histórico, em sala de aula, os autores colocam as discussões e a argumentação como práticas imprescindíveis para o desenvolvimento da compreensão dos conceitos estudados.

Dos textos históricos empregados em Carvalho et al. (1999), dois são relatos das dúvidas e ações durante os trabalhos desenvolvidos por Rumford, quando este questionava as concepções de calor em sua época e elaborava novas concepções. O terceiro texto tinha caráter histórico panorâmico sobre a evolução dos termômetros. Junto aos textos havia três questões problematizadoras que exigiam reflexão e posicionamento perante as ideias discutidas.

Um segundo modo instrumental de promover investigação em sala de aula, indiciado pelos referidos autores (CARVALHO et al., 1999) foram as demonstrações investigativas. Partindo de um problema e com ênfase nas hipóteses arroladas pelos alunos, tinha por objetivo promover diálogos, reflexões, relatos, ponderações e explicações. Embora seja esperado no processo ensino-aprendizagem um produto, o processo deve ser encarado como conteúdo e destacado nos objetivos, ao se desenvolver aulas experimentais. Citando Gil e Castro (1996), os pesquisadores pontuam a elaboração de hipóteses e a dimensão coletiva do trabalho científico como a atividade central ao se empregar ensino-aprendizagem por investigação.

Os autores destacam os cuidados que o professor deve ter, ou desenvolver, ao enveredar na utilização de demonstrações investigativas na sua metodologia de ensino: na maneira de propor o problema; no levantamento de hipóteses; no reconhecimento das concepções relevantes nas falas dos alunos que merecem destaque ou reforço; para achar o momento correto de realizar a demonstração; e na sistematização. Além disso, descrevem as atividades utilizadas em sala de aula, tendo esse perfil associado aos textos de história da ciência, e alguns resultados da aplicação dessa metodologia, em recortes de fala dos alunos. O laboratório aberto foi outra modalidade de emprego de ensino por investigação discutido. As etapas das atividades propostas como laboratório aberto teriam: a proposta do problema; o levantamento das hipóteses; a elaboração do plano de trabalho; a montagem do arranjo experimental; a coleta de dados; a análise dos dados; e, finalmente, a conclusão.

Os autores destinam um capítulo às questões e problemas abertos. Ao citarem Gil Perez e Torregrosa (1987), consideram que, muitas vezes, problemas são colocados apenas para propiciarem características repetitivas ou operatórias, e não como ocasião para aplicação de metodologia científica. Assim, propõem a aplicação de questões e problemas abertos com o intuito de que, na argumentação e na redação dos alunos, manifeste-se o: “[...] pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas, usando conhecimentos teóricos e matemáticos” (PEREZ; TORREGROSA, 1987, p. 79). Questões e problemas abertos, em que as condições de contorno não ficam definidas no enunciado e a solução não seja única exige o debate sobre sua validade. Os autores fazem a distinção entre questões e problemas abertos levando em conta que os problemas abertos demandam uma solução com caráter matemático, mas advertem quanto à exigência de maior tempo de desenvolvimento em sala de aula.

Na última seção de recursos instrucionais para proporcionar o ensino por investigação, os autores comentam maneiras de se utilizar vídeos e *software* em sala de aula. Esclarecem

para a necessária gerência do professor ao usar esses recursos sem restringi-los a ser mera comunicação de informações, mas a fim de promover um processo de ensino-aprendizagem dialógico e argumentativo em sala de aula.

Azevedo (2004) evidencia que o objetivo do ensino por investigação fundamenta-se no processo de construção da ciência, e, por isso, o processo é o conteúdo. Há ênfase na ação dos alunos no ensino investigativo promovendo discussões e argumentação, e a discussão de algumas características nas seguintes atividades investigativas: demonstração investigativa; laboratório aberto; questão aberta e problema aberto.

Carvalho (2013) realça, nas pesquisas piagetianas, o problema como o início do processo de construção do conhecimento, e, segundo a autora, trata-se do divisor de águas entre o ensino por transmissão, centrado nas ações do professor, e o ensino como processo de construção do conhecimento, cujas ações estão centradas no aluno. A autora também destaca: o conhecimento prévio como base sobre o qual se estrutura um novo conhecimento; a manipulação como uma das etapas primeiras, quando os objetivos são construtos teóricos.

Essa ação da ação manipulativa para ação intelectual por meio da tomada de consciência de suas ações não é fácil para os alunos nem mesmo para o professor, já que conduzir intelectualmente o aluno fazendo uso de questões, de sistematizações de suas ideias e de pequenas exposições também não é tarefa fácil. É bem menos complicado expor logo o conteúdo a ser ensinado. (CARVALHO, 2013, p. 3).

De Vygostsky, Carvalho (2013) faz menção à linguagem como artefato cultural, como uma das várias interações que ocorrem em sala de aula. A autora também apresenta a distinção entre a experimentação espontânea e a experimentação científica. Além de salientar para a existência de “raciocínios imprescindíveis em uma experimentação científica”, entre eles: a elaboração e o teste de hipóteses; o papel da linguagem, da argumentação e da alfabetização; as relações entre as diversas linguagens no ensino de ciências; e o que deve ter uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI).

[...] uma sequência de ensino investigativa deve ter algumas atividades-chave: na maioria das vezes a SEI inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz alunos no tópico desejado e ofereça condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático... uma atividade de sistematização [...] (CARVALHO, 2013, p. 9).

Em Carvalho et al. (1999), o ensino por investigação se mostra com algumas características essenciais: a problematização; o levantamento e teste de hipóteses; um plano para tomada de dados; o tratamento dos dados; a análise; e a conclusão. Outros elementos

nessa proposta de ensino aparecem junto a algumas das modalidades de atividades desenvolvidas no trabalho dos autores, e nisso vê-se que não há uma maneira fechada de se desenvolver o processo de ensino-aprendizagem por investigação. Algumas atividades propiciam um destaque maior a uma característica investigativa, como o levantamento de hipóteses nas demonstrações investigativas ou o tratamento de dados em um laboratório aberto. Cabe lembrar que o emprego de modalidades de atividade unidas, como textos de história da ciência junto com demonstrações investigativas.

Trópia (2011), ao se referir a Moreira e Ostermann (1993), esmiúça alguns equívocos relacionados à concepção do ensino por investigação. Procura-se destacar aqui a equivocada noção de que os alunos serão ou agirão como cientistas, como se visava no PSSC. Carvalho (2013) deixa claro que a finalidade do ensino por investigação não é do aluno atuar como um cientista. Inclusive, a sala de aula, por diversas razões, não pode ser considerada como o ambiente de trabalho deste último. Entre uma dessas razões, está o fato da ciência escolar ser uma adaptação das ciências científicas em seus respectivos campos de origem. Outro equívoco orbita a sistematização, que não faz parte do ensino por investigação. Carvalho (1999; 2013) pontua esse elemento de ensino como prática das aulas investigativas. O fato de um professor dirigir ou realizar a sistematização das práticas e conceitos desenvolvidos em aula não descaracteriza o ensino por investigação. Mas a aplicação de um método, fechado, linear, com sequência lógica, tende a tornar-se apenas um adestramento. Caso haja um roteiro experimental, mas onde os procedimentos envolvem um mecanicismo quase repetitivo, recaia-se numa prática tradicional, que foge aos propósitos de se realizar ensino-aprendizagem por investigação.

No processo de ensino-aprendizagem investigativo descrito por Munford e Lima (2008) abordam, citando Driver (1999), a participação dos alunos em práticas das ciências, e a extrapolação do que seria quase a aplicação de algum método, quando evidenciam a socialização das práticas da comunidade científica e a compreensão da natureza das explicações das ciências. A validade das ações, das ideias e das representações é socialmente desenvolvida nas interações dialógicas em sala de aula. Interações não apenas com o conhecimento, mas com os demais alunos, com as representações empregadas na aula, com o professor, num processo multimodal em que há emergência da linguagem coerente com a ciência. Debates não apenas sobre conceitos científicos, mas também sobre a natureza da ciência, abrangendo a história e a filosofia da ciência, e, certamente, outros aspectos que figuram como elementos da complexidade da enculturação científica.

Esses estudos nos permitem criar uma matriz de atividades com caráter investigativo, numa espécie de mapa de elementos integrantes em um ensino que se pode considerar por investigação. Em todas essas leituras dois elementos se sobrepõem para tornarem o processo de ensino e aprendizagem bem-sucedido: o emprego de variadas representações e a construção do raciocínio lógico promovido pelo processo argumentativo. Também receberam destaque as diversas concepções errôneas sobre ensino por investigação: que toda ação investigativa venha a surgir na sala de aula, trazida pelos alunos; que há um conhecimento científico acabado e com o método experimental pode-se evidenciá-lo; que o ensino por investigação se resume à atividade experimental; que o processo de construção de conhecimento por investigação possui uma estrutura rígida.

Indubitavelmente, há questões dos alunos que podem vir a ser tema de investigação em sala de aula, mas nem sequer essa é a concepção central sobre o caráter investigativo em sala de aula. A essas ideias se somam a importância do problema no ensino por investigação; a maneira como esse é proposto; os limites investigativos, se já orienta alguns recursos para sua solução; ou se é aberto.

Uma aula investigativa deve possuir um problema conforme defendido por vários estudiosos (CARVALHO et al., 1999; TRÓPIA, 2011, MUNFORD; LIMA, 2007; CARVALHO, 2013), o qual, por sua vez, pode conduzir a uma investigação, mas pode ser tão direcionado que caberão poucas ações para sua solução. Pode ser direcionado ou aberto, e vir da proposta do professor, da turma ou de outro contexto escolar. É possível, portanto, estabelecer alguns níveis quanto ao grau de liberdade em cada elemento do processo investigativo, semelhante ao realizado por Carvalho (2006).

Nas tabelas a seguir, propõe-se classificar alguns elementos do processo de investigação atribuindo nível I para características mais direcionadas e nível IV para características mais abertas. Sem dúvida, há uma topologia entre os extremos, mas foram selecionadas algumas características que possibilitaram organizar indicações para onde tende a metodologia aplicada à aula. Na tabela 2, a seguir, apresentam-se os níveis de graduação para o problema.

Tabela 2 - Graduação para o problema

O problema	Níveis
A constatação de algum princípio ou lei.	I
Restringe-se a um problema de medida de alguma grandeza física.	II
Nele, as condições de contorno já foram consideradas.	III
Aberto. Necessita considerar o controle de variáveis.	IV

O levantamento das hipóteses é essencial para o processo de ensino por investigação, pois sem estas, a situação-problema fica limitada à resolução de uma atividade. A colocação de hipóteses permite aos alunos se posicionarem com suas concepções para a resolução do problema, a organização do pensamento, uma participação efetiva no processo de construção do conhecimento científico escolar e a análise das concepções de seus pares na sala de aula. Na Tabela 3, a seguir, encontram-se os níveis atribuídos ao levantamento de hipóteses.

Tabela 3 - Graduação para as hipóteses

As hipóteses	Níveis
O professor propõe as hipóteses e cabe aos alunos testá-las.	I
As hipóteses constituem um conjunto de alternativas propostas no enredo da aula.	II
As hipóteses são propostas pelos alunos, mas com direcionamento dado professor.	III
As hipóteses são propostas pelos alunos.	IV

De certa forma, as demais características – plano de trabalho, arranjo experimental, coleta de dados, tratamento dos dados, análise dos dados, conclusão e sistematização no processo investigativo – inter-relacionam-se com o problema mediado pelo levantamento de hipóteses.

Considera-se, portanto, a possibilidade de atestar o caráter investigativo, assim como os equívocos associados à concepção de ensino por investigação, presente nas aulas a serem analisadas. Busca-se estar atento às falas dos alunos, juntamente com outras linguagens empregadas para representar os construtos na sala de aula. Constitui uma comunicação estruturada de maneira lógica, nos moldes de um raciocínio científico (LAWSON, 2002; 2004). O processo de argumentação que se espera encontrar deve ter correspondência com o padrão hipotético-dedutivo (se/e/então/e/portanto) apresentado por Lawson (2002; 2004). Esse processo tem em suas etapas iniciais após a observação intrigante e os conhecimentos declarativos à tomada de hipótese, mas:

[...] a maioria dos professores experientes de ciências, do segundo grau (63%), não tinham conhecimento da distinção entre hipóteses e previsões. Talvez, ainda pior, 41% deles não conseguiram distinguir evidências de conclusões. Essa falta de consciência também é comum em materiais instrucionais [...]. (LAWSON, 2010, p. 359).

Esse autor reforça que até em pesquisas sobre esse tema há traços dessa incompreensão. Se para alguns é difícil compreender o que seja hipótese, compreender o seu papel na construção do raciocínio científico é algo ainda mais distante. Em sala de aula, um professor cômico de sua função, ao aplicar um ensino por investigação, necessita gerenciar a

centralidade da hipótese na construção do raciocínio científico. Se em todos os estudos o fator tempo recebe destaque, quando se considera a necessidade do levantamento de hipóteses isso se torna mais crítico. O professor deve instigar e esperar o surgimento das hipóteses no diálogo com seus alunos.

Em Lawson (2004), há considerações sobre as hipóteses levantadas, que não deve ser apenas uma da lista tomada a partir dos conhecimentos declarativos após a observação de um fenômeno, mas uma lista com hipóteses tomadas separadamente e também com as combinações entre elas. O autor (2002; 2004; 2010) considera, além da abdução para formar hipóteses, possíveis ciclos com abdução, retrodução, dedução e indução na composição do raciocínio científico. Abdução ou raptó consiste na tomada de hipótese por analogia a sistemas mais familiares; retrodução quando se vai do resultado para a hipótese e previsão; dedução quando se vai da hipótese para o resultado.

Encontram-se algumas considerações sobre as analogias empregadas: analogias materiais quando o objeto referente tem correspondência táteis evidentes; analogias formais quando as correlações são matemáticas. Marry Hesse (1972) considera que é uma estrutura abstrata de relação que serve de modelo para entender o domínio não familiar, referindo-se à classificação inicial de Black (1962).

Considerado o problema e as hipóteses, caso os alunos conseguissem estabelecer um plano de trabalho para testá-las seria um bom indicador do caráter investigativo da atividade escolar (CARVALHO et al., 1999), ainda que seja estabelecido um plano de trabalho na dialogia com os alunos. Tanto a montagem do arranjo experimental quanto a coleta de dados possuem duas dimensões: a que antecede a execução, quando são planejadas as finalidades de cada especificidade do experimento, e a manipulação, que envolve diferentes ações práticas epistêmicas das ações científicas: a observação, a realização de medidas, os erros, os registros dos dados experimentais em suas multiformes representações etc.

Certamente, há casos com limites que exigem a intervenção do professor, mas se pensa em uma classificação que vai de uma situação aberta a um extremo mais restrito. Pode-se citar um exemplo para uma situação aberta, em que os alunos estabeleceram seu plano de trabalho: há alguns anos, um professor de física experimental 1, em um curso de licenciatura, solicitou aos alunos que medissem a aceleração do metrô ao partir de uma estação. Nenhuma outra informação foi dada aos alunos, e eles apresentaram diferentes formas de realização dessa investigação. Um plano de trabalho muito fechado seria aquele em que há todo aparato experimental comprado, e a ação experimental se restringiria a completar lacunas em um relatório. Na Tabela 4, a seguir, estão os níveis correspondentes ao plano de trabalho.

Tabela 4 - Graduação para o plano de trabalho

Um plano de trabalho	Níveis
Roteiro estabelecido em algum material didático instrucional.	I
Estabelecido pelo professor.	II
Estabelecido na interação professor aluno.	III
Estabelecido pelos alunos.	IV

Ao se considerar o plano de trabalho associado, há o arranjo experimental. O maior grau de liberdade seria aquele em que os alunos constroem com correspondência aos testes das hipóteses, e o mais restritivo, os comprados, muitas vezes elaborados há décadas e pensados para outros contextos. Há possibilidades de uma ação investigativa, mesmo quando já existe o aparato experimental, mas o professor nesse caso deve ter clareza do que seja ensino por investigação.

Quanto à coleta e organização dos dados, no caráter mais restrito os alunos se prestariam apenas a realizar leituras e registrá-las em um formulário preestabelecido. Um pouco menos restrito seria se os alunos tivessem a liberdade de desenvolver o que devem registrar e como, mas dependendo do aval do professor. Ainda menos restrito seria se a organização do trabalho permitisse na interação professor-aluno validando os dados e a maneira de registro assumido pelos alunos; e totalmente aberto se o professor apenas acompanhasse o processo.

Tabela 5 - Graduação para organização dos dados

A coleta e organização dos dados	Níveis
Simple anotação da leitura direta de instrumentos de medidas.	I
Realizada pelos alunos, mas validada pelo professor.	II
Realizada pelos alunos, mas validada na interação professor-aluno.	III
Realizada e validada pelos alunos.	IV

A organização dos dados pode empregar representações especializadas no trato científico, tabelas, a mais eficiente forma de gráfico, representações gráficas pictóricas, como os desenhos conjugados em espelhos esféricos etc. A modalidade de organização, registro e tratamento de dados a se empregar é facilmente percebida por especialistas em seus campos de trabalhos (PERINI, 2005), mas, para os alunos, essas considerações podem fazer parte do processo de investigação.

Na organização e análise de dados experimentais, ocorre outra série de ações epistêmicas das ciências ao empregar representações das ciências características à modalidade dos dados e transitar entre estas operacionalizando, sistematizando, generalizando e comunicando resultados. No fazer ciência, na enculturação científica, no método de ensino

por investigativo deve se considerar a existência de dimensões além da aplicação da metodologia científica. Devem ser observados aspectos da natureza da ciência, relações ciência tecnologia e sociedade e práticas multimodais de representação e postura dialógica durante construções de conhecimento científico.

Em atividades experimentais, há a possibilidade de que não ocorra a análise e conclusão. Primeiro, em virtude do fator tempo. Cada etapa de um processo de ensino por investigação demanda tempo consideravelmente maior do que o empregado em um ensino transmissivo, centrado nas ações do professor. Segundo, porque a beleza do processo experimental dá, algumas vezes, a sensação de trabalho realizado e o professor poderá omitir essa essencial etapa no processo de construção do conhecimento científico escolar. Considera-se, aqui, análise e conclusão uma ponderação das hipóteses colocadas e uma sistematização do processo desenvolvido para sua verificação em uma seção dialógica com presença das representações desenvolvidas para mediação das concepções construídas.

É nessa etapa do trabalho em sala de aula que os alunos se dão conta do processo investigativo (LERDERMAN, 2006; CARVALHO, 2013), e é frutífero ao surgimento de considerações sobre a Natureza da Ciência (LERDERMAN, 2006) e à organização dos argumentos ou do raciocínio científico (LAWSON, 2002; 2004).

Tabela 6 - Graduação para a análise e/ou conclusão

A análise e/ou conclusão	Níveis
Não há análise.	I
A análise é efetiva, mas realizada pelo professor.	II
A análise é desenvolvida na interação professor-aluno.	III
A análise é realizada pelo aluno.	IV

## 2.1 A ARGUMENTAÇÃO

Entre os elementos essenciais no desenvolvimento de um ensino por investigação está a argumentação, e nas pesquisas em ensino de ciências, escolheu-se duas abordagens para analisar essa argumentação. A primeira envolve argumentação de ciências em sala de aula, a partir do (TAP) Toulmin Argumentation Pattern - Padrão de Argumentação de Toulmin (1958) (NASCIMENTO; VIEIRA, 2008, SASSERON, 2008; SASSERON; CARVALHO, 2011; etc.), e a segunda argumentação em sala de aula com foco na construção do raciocínio científico nos moldes hipotético-dedutivo proposto por Lawson (2002; 2004) nos trabalhos de

Locatelli e Carvalho (2007) e Padilha e Carvalho (2012). Esses estilos de argumentação serão vistos nas próximas duas seções

### 2.1.1 A Argumentação empregando as Categorias de Toulmin

Stephen Toulmin nasceu em 1912, em Londres, formou-se em Artes, Matemática e Ciências naturais em 1942 tendo feito mestrado em Artes e PhD em filosofia, em Cambridge, em 1948. Dedicou grande parte de sua vida a lecionar em universidades.

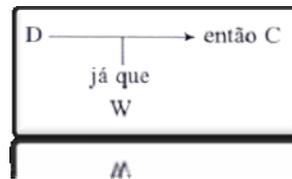
Stephen Toulmin é um dos autores mais determinados na consolidação do novo paradigma conceitual sobre argumentação e o raciocínio no século XX [...] suas ideias influenciaram sobretudo aos comunicadores, linguistas e teóricos da argumentação, fornecendo muito no desenvolvimento da investigação sobre as funções da linguagem e raciocínio em linguagem natural. (TRUJILLO AMAYA, 2011; p. 160).

Toulmin considera a lógica formal incapaz de descobrir como funciona a argumentação e a discussão crítica nas interações do cotidiano, e propõe um padrão de análise da argumentação contendo seis elementos: A conclusão (C); os dados (D); a garantia (W); o apoio (B); a refutação (R); e o qualificador formal (Q) (TRUJILLO AMAYA, 2011).

A conclusão (C) é o primeiro elemento no TAP que uma pessoa procura justificar em um processo de argumentação. Os dados (D) são os dados de partida, fundamentos iniciais para a argumentação. A garantia (W) determina se a demanda é legítima, plausível ou infundada, e funciona como regra geral ou premissa maior. O apoio (B) são as regras, leis, fórmulas e princípios, suportes para a garantia. A refutação (R) é o conjunto de possíveis objeções, restrições, contra exemplos que colocam em dúvida a chegada à conclusão proposta. E o qualificador modal (Q) são as palavras que expressam a intensidade, ou grau de certeza com que se chegou à conclusão (frequentemente, provavelmente, possivelmente, totalmente etc.).

Toulmin define dado como a “base que apresentamos como suporte para asserção original”, ou como os “fatos aos quais recorreremos como fundamentos para a alegação” (TOULMIN, 1958, 2010). Define a consistência de uma estrutura mais simples para um argumento contendo o dado, a garantia e a conclusão: “D, W; então C”. Com o auxílio de algumas questões, Toulmin (1958) propõe diferenciar os dados da garantia: enquanto “o que você tinha para seguir em frente?” ajuda a definir o que é o dado, o “como você chegou aí?” ajuda a definir a garantia e complementa outras características intrínsecas: Recorre-se aos dados de modo explícito e à garantia de modo implícito. Além disto, garantias são gerais.

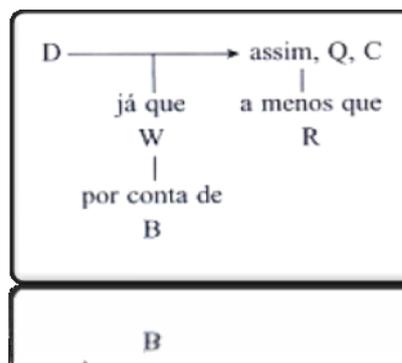
Figura 9 – Esquema do padrão de argumentação de Toulmin com D, W e C



Fonte: TOULMIN, 1958, p. 143.

No esquema pode ser acrescido o apoio “B” (afirmações categóricas, exemplos) para defender, dar suporte ou comprovar a autoridade da garantia. O tipo de apoio “B” depende do campo em que se está argumentando; e de uma refutação “R”.

Figura 10 – Padrão de argumentação de Toulmin com D, W, B, R, Q e C



Fonte: TOULMIN, 1958, p. 146)

Toulmin (1958) faz distinções entre os argumentos analíticos e substanciais, e apontamentos sobre a estética do argumento, além de outras observações, como as características de raros e excepcionais para argumentos na forma “D, B; logo C”, ao invés do argumento “D; W; logo C”, formalmente válido. O argumento “D; B; logo C” é válido quando a conclusão refere-se a uma reafirmação do que está nos dados e no apoio (argumento analítico). Quando o apoio para a garantia não contiver a informação transmitida na conclusão “D; B; e também C”, é definido como argumento substancial. Toulmin apresenta ainda três testes para que se reconheça um argumento analítico ou substancial: 1) o da tautologia; 2) o da verificação; e 3) o da evidência por si mesma. Portanto, certifica um argumento como bom, se:

[...] ao defender uma alegação, apresentamos nossos dados, nossa garantia e as condições e qualificações relevantes, e descobrimos que, contudo, ainda não satisfazemos nosso desafiador; pois ele pode ter dúvidas não só em relação a este argumento específico, mas em relação à questão mais geral de se a garantia é de

algum modo, aceitável. Pode acontecer de nosso adversário admitir nossa garantia em geral e, neste caso, nosso argumento seria, sem dúvida, impecável. (TOULMIN, 1958 p.148).

A seguir, estão alguns trabalhos que aplicaram em suas análises o padrão de argumentação de Toulmin (1958) em dados de pesquisas tomados em sala de aula (NASCIMENTO; VIEIRA, 2008, SASSERON, 2008; SASSERON; CARVALHO, 2011 etc.). Sasseron e Carvalho (2011) ao relatar uma pesquisa questionam: “De que modo os argumentos se constroem nas discussões em sala de aula? Quais os elementos subjazem esta construção?”, e direcionam o trabalho pela possibilidade de atribuir valor a argumentação. De Lemke (1997), destaca-se que “o diálogo científico adquire cada vez mais coerência, tornando-se mais complexo e coeso à medida que novos e mais elementos são adicionados à fala”; de Jimenez-Aleixandre e Diaz de Bustamante (2003), que “a argumentação torna-se mais forte à medida que dados e ideias são trazidas à fala”. As pesquisadoras definem argumentação como: “qualquer discurso em que aluno e professor apresentam suas opiniões em sala de aula, descrevendo ideias, apresentando hipóteses e evidências, justificando ações ou conclusões a que tenham chegado, explorando resultados alcançados”. (JIMENEZ-ALEIXANDRE E DIAZ DE BUSTAMANTE, 2003, p. 100).

As autoras iniciam com o Padrão de Argumentação de Toulmin e definem os elementos do padrão, da seguinte maneira: a partir dos dados obtêm-se uma conclusão; as garantias W (regras ou princípios, afirmações gerais, hipotéticas) permitem entender de que modo a partir dos dados se chega a uma conclusão; o qualificador modal (Q) um advérbio que dá aval a conclusão; a refutação (R), que seria a contestação da suposição criada, é definida e tratada como uma oposição ao qualificador modal; e o apoio à garantia que, é um conhecimento básico (B), fornece o aval e autoridade às garantias.

Propõem ainda a análise da alfabetização científica a partir de indicadores: 1) para a obtenção de dados: levantamento e teste de hipóteses; 2) para o tratamento dos dados: classificação; seriação, organização, explicação, uso de justificativa e previsão; 3) ligados à dimensão epistemológica da construção do conhecimento: o raciocínio lógico e o raciocínio proporcional.

Nascimento e Vieira (2008) enfatizam que a “argumentação passou a ser reconhecida como discurso com grande potencial para promover a aprendizagem de ciências”. Ao mencionar Manen (1990), pontuam quatro justificativas para o desenvolvimento da prática argumentativa em sala de aula: 1) os alunos vivenciam práticas e discursos da ciência; 2) um padrão de argumentação pode ser usado como ferramenta de avaliação e ou de autoavaliação;

- 3) a argumentação propicia diferentes formas de pensar em mais interações em sala de aula;
- 4) os alunos tornam-se produtores de conhecimento.

Além disso, reconhecem o caráter aberto do padrão de argumentação, quando as justificativas são desafiadas e há a necessidade de se interpor novas. Dessa forma, unem argumentação e cognição ao declararem: “Aprender a pensar é, de certa forma, aprender a argumentar. Mais ainda, aprender ciências seria aproximar as maneiras de pensamento das pessoas à forma argumentativa pela qual a ciência é construída e debatida entre seus membros” (NASCIMENTO E VIEIRA, 2008, p. 5).

Os autores assinalam o início dos estudos sobre argumentação na sala de aula em 1986 com Russel e Morrow (1986) e, depois, com Candela (1999); Driver et. al. (1999); além de fazerem referência a diversos outros autores que fizeram adaptações do Padrão de Argumentação inicialmente proposto por Toulmin, para atender às necessidades relacionadas às suas pesquisas. Aponta também as restrições ao uso do TAP: desconsideração do contexto; a construção coletiva e as justificativas implícitas nas falas dos alunos. Em relação a Cappechi e Carvalho (2004), prefere destacar a importância no uso do Padrão de argumentação de Toulmin relacionado a construção do conhecimento científico tendo em vista que:

1. Relaciona dado e conclusão mediante leis de passagem de caráter hipotético; 2. Mostra assim o papel das evidências na elaboração de afirmações; 3. Realça as limitações de dada teoria; 4. Realça a sustentação de dada teoria em outras teorias; 5. Os qualificadores e refutações indicam a capacidade de ponderar diante de diferentes teorias com base na evidência apresentada por cada uma delas e; 6. Ajuda a relacionar características do discurso com aspectos da argumentação científica. (CAPPECHI; CARVALHO, 2004, p. 7).

Considerando-se a hipótese de fazer uma adaptação do padrão de argumentação de Toulmin para um padrão de comunicação multimodal em que outras linguagens poderiam ser consideradas para compor a solidez na comunicação em sala de aula. Assim, há argumentos que se estruturam caso se valide que um dado seja uma informação imagética, que um apoio seja uma operação matemática, ou uma constatação pelos sentidos, tal qual um som característico. Deve-se lembrar de que ainda que haja um número de argumentos que somente poderiam ser considerados como presente nas comunicações em sala de aula se se atentar para todas as linguagens da ciência. (LEMKE, 1998; PERRINI, 2005).

Outra consideração relevante consiste na possibilidade de uma taxonomia das diferentes linguagens associadas a um elemento, como categorizados por Toulmin. Por exemplo, seria interessante notar se todas as evidências sensoriais manifestadas por interações gestuais se encontrassem como garantia ou se as informações imagéticas servem como apoio.

Essa é uma perspectiva para continuidade dessa pesquisa, que não será realizada neste momento por incompatibilidade com o tempo para conclusão.

### **2.1.2 A Argumentação empregando o Padrão Hipotético-Dedutivo**

O padrão hipotético-dedutivo a considerar no presente trabalho tem sido apresentado por Lawson (2002; 2004; 2010). Anton Lawson iniciou sua carreira como pesquisador na universidade em 1973, e, desde 1977, atua em pesquisa e ensino na Universidade do Arizona, com mais de 200 artigos e 20 livros publicados, recebendo por alguns anos destaque em suas publicações sobre o ensino de ciências.

A argumentação, conforme Lawson (2002), aponta um tripé para a enculturação científica: a habilidade e hábito da mente para construir o entendimento; a compreensão dos conceitos unificadores centrais e as teorias da ciência; e a capacidade de comunicação dos conceitos científicos. Em sua definição do padrão hipotético-dedutivo, considera como uma estratégia mental, um plano ou regra utilizada com a finalidade de processar informações e tirar conclusões. Define o raciocínio científico como composto por um padrão global envolvendo tudo o que pode ser caracterizado como hipotético-dedutivo, e seus subpadrões. Acrescente-se também que faz distinção entre duas classes de conhecimento: considera conhecimento processual tudo o que se expressa através da *performance*, em que as palavras estão associadas ao desenvolvimento do conhecimento; e conhecimento declarativo, em que as palavras estão associadas à aprendizagem.

Em Lawson (2004), apresenta uma discussão sobre as formas de aquisição de conhecimento: mecânico, isto é, por memorização e algoritmos; e por conexões, um ensino explorando as possibilidades de se favorecer aos alunos construírem significados, sendo essa uma perspectiva construtivista. Afirma que os professores ao promoverem a solução de problemas por conexões possibilitam vantagens aos alunos, que saberão não apenas aplicar soluções aos problemas envolvendo “porque” e “quando”, enquanto os que promovem ensino tradicional (termo empregado no contexto brasileiro para o ensino mecanicista) os alunos podem até resolver de forma mecânica alguns problemas, mas sem saber o “porquê”.

Em um estudo de caso em Lawson (2004) identificando padrões de raciocínio científico, um raciocínio com “se/então/portanto” é classificado como um subpadrão de raciocínio. Em seguida, é apresentado um episódio em que destaca “se/e/então/e/portanto” categorizando-o como um raciocínio completo. Apresenta também uma estrutura

possibilitando identificar as ações na construção do raciocínio científico, considerando uma construção hipotética-dedutiva.

*se...* [hipótese considerada]

*e...* [teste planejado]

*então...* [resultado esperado]

*e...* [resultado encontrado]

*portanto...* [conclusão]

Lawson (2004) apresenta o rapto, transferência analógica ou raciocínio analógico para gerar hipóteses causais e declara que esse processo é muito geral e criativo. Para isso, emprega para esse rapto o termo cunhado por Charles Pierce “abdução”: “Todas as ideias da ciência vêm a ele por abdução” (p. 312). Salienta que todas as concepções declarativas são fontes para as hipóteses. Em seu estudo de caso, foram analisadas três hipóteses, mas, por análise combinatória, ele considerou que havia dez possibilidades de ocorrência para o fenômeno descrito.

Sobre as conclusões, adverte: “nunca se pode ter certeza de que todos esses problemas (as explicações alternativas) tenham sido eliminados [...] variáveis independentes negligenciadas podem estar operando”. (LAWSON, 2004, p. 313). Espera-se encontrar um processo de argumentação em sala de aula e não apenas a fala. O padrão de raciocínio que se procura no discurso dos alunos refere-se ao raciocínio científico declarado por Lawson (LAWSON, 2002; 2004) no padrão hipotético-dedutivo, “se/e/então/e/portanto”. Considerar-se-á que esse padrão em sua forma mais desejável seja construído integralmente pelos alunos e em sua forma mais fechada quando, mesmo com a intervenção do professor, seja formado apenas subpadrões.

Tabela 7 - Graduação para o processo argumentativo

A argumentação	Nível
Na interação professor alunos é construído subpadrão.	I
Há apenas subpadrão na argumentação dos alunos.	II
Os alunos constroem o padrão hipotético-dedutivo com alguma intervenção do professor.	III
Os alunos constroem o padrão hipotético-dedutivo.	IV

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

As seqüências didáticas das quais se extraíram os dados para essa pesquisa foram desenvolvidas no projeto fomentado pela Fapesp, A Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a sala de aula, inicialmente com um módulo, *A dualidade onda-partícula*, e, posteriormente, mais dois: *Física de partículas e Relatividade*, no intuito de desenvolver e testar seqüências didáticas com a introdução de física moderna no Ensino Médio, tendo a objetivo de aproximar os conteúdos escolares da ciência que explicam os equipamentos modernos, que fascinam e envolvem jovens e adultos.

A seqüência didática dualidade onda-partícula para o Ensino Médio ficou organizada em onze blocos contendo sete em sua primeira parte, com tópicos de física clássica, sob o tema campos, ondas e radiações, relacionados a seguir: I. Os modelos no cotidiano e na física; II. Ondas e partículas; III. Introdução às propriedades magnéticas e elétricas da matéria; IV. Breve discussão sobre campos: elétrico, magnético e gravitacional; V. O campo eletromagnético e a indução eletromagnética; VI. Ondas mecânicas e a luz como onda eletromagnética; VII. Luz: cor e visão. Na segunda parte, há quatro blocos, do bloco VIII ao bloco XI, com tópicos de física moderna, sob a temática das interações radiação-matéria, listado a seguir: VIII. Introdução à Espectroscopia; IX. O modelo atômico de Bohr; X. O efeito fotoelétrico; XI. Dualidade onda-partícula.

No bloco I havia duas atividades. A primeira, prática, consistia em gerar um debate sobre os modelos empregados pela ciência, a partir da atividade de manipulação de uma caixa, com duas varetas, que se move articuladamente, cada uma emergindo de face opostas, deslocando-se de forma semelhante quando se produz o movimento em uma delas. Os alunos são instigados a desenvolver um modelo explicativo sobre o mecanismo de funcionamento da “caixa preta”. A segunda atividade de discussão trata sobre o que é modelo em diversas áreas de conhecimento e também na ciência.

No bloco II, para introduzir a noção do comportamento dual das radiações, foram entregues aos alunos uma bolinha de beisebol, um espelho, um anteparo, um controle remoto e uma mola. Com esses itens, os alunos deveriam ligar uma TV. Na segunda parte da atividade, a partir de um texto e algumas questões, as discussões seriam usadas para sistematizar as ideias envolvidas na atividade.

No bloco III há duas atividades experimentais: a primeira, a atração de alguns objetos por um canudinho de plástico atritado com toalha de papel; e a segunda, a constatação dos efeitos dos ímãs sobre diversos materiais e também sobre a agulha de uma bússola. Motivados

pela participação no desenrolar dessas atividades, os alunos são convidados a tecerem comentários e levantarem hipóteses sobre o que produz os efeitos observados. As conclusões são trabalhadas a partir de um texto, seguido de duas questões sobre o elétron.

No bloco IV, com algumas demonstrações investigativas e um texto, foi elaborada síntese das interações ocorridas nos domínios dos campos elétrico, magnético e gravitacional.

No bloco V, as discussões abrangeram a experiência de Oersted e de Faraday. Os alunos vivenciaram essas experiências em demonstrações investigativas e construíram eletroímãs e motores. A síntese ocorreu com um vídeo da TV Ontário e algumas questões.

No bloco VI, foi fechada a sequência sobre eletromagnetismo realizando experiências e discutindo meios de blindagem eletromagnética. Foi aberta uma sequência para discutir os fenômenos da ondulatória. Nessa seção, foram feitas várias atividades experimentais sobre os fenômenos ondulatórios e, simultaneamente, foi discutido que eventos com partículas (corpúscular) têm similaridades com fenômenos ondulatórios. O bloco foi finalizado com um texto discorrendo sobre a história da ciência transparecendo o momento em que a concepção de luz como natureza ondulatória tornou-se a teoria aceitável.

O bloco VII foi dedicado às questões relacionadas à visão, à luz e às cores. No bloco VIII, com a construção de um espectroscópio, a observação do espectro de diferentes lâmpadas e a atividade analógica de observação de espectro da luz emitido por uma estrela, considerando também o momento histórico em que a ciência iniciou a discussão sobre o que acarretaria a formação das bandas espectrais.

No bloco IX, foram trabalhados os modelos atômicos empregando textos, o sítio eletrônico da UFRGS<sup>1</sup> e alguns exercícios com cálculos sobre as linhas espectrais. No bloco X, retomou-se a discussão sobre a natureza corpuscular para a luz com um vídeo da TV Ontário, cálculos e uma simulação sobre o efeito fotoelétrico.

No bloco XI, foi empregada uma atividade lúdica como analogia ao comportamento onda-partícula para a luz. Posteriormente, foi apresentado o Interferômetro de Mach Zehnder em Power Point e discutidas algumas experiências iniciais sobre a natureza da luz. O término foi com algumas questões para verificar qual das quatro<sup>2</sup> interpretações da teoria quântica eram empregadas pelos alunos.

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>>. Acesso em: 15/08/2006

<sup>2</sup> Foram usados como referências as quatro interpretações da teoria quântica segundo a publicação do livro *Mecânica Quântica*, de Osvaldo Pessoa Junior.

Alguns integrantes do grupo que participaram do desenvolvimento e aplicação dessas atividades elaboraram pesquisas tomando dados da aplicação dessa sequência e alguns realizaram adaptações para atender as necessidades peculiares às respectivas pesquisas.

Brockington (2005) descreve a respeito da idealização das atividades para a discussão das teorias da mecânica quântica. O autor fez a opção de empregar uma sequência heterodoxa na tomada de dados. Acreditava ser possível fazer as discussões relacionadas à física moderna, sem que as ideias da física clássica tivessem sido estudadas pelos alunos. Ele analisou seus estudos sob o prisma principalmente da “transposição didática”, de Chevallard, e outros conceitos de Astolfi, e elencou os marcadores que julgou “o melhor caminho” para a compreensão das interpretações da teoria quântica empregando os blocos sobre: modelos; espectroscopia; o átomo de Bohr; o efeito fotoelétrico; e a dualidade onda-partícula.

Silva (2009) fez a opção de utilizar dados do emprego dessa sequência didática, explicitamente do bloco VIII, sobre espectroscopia, e suas considerações se ancoraram em analisar o processo de argumentação desenvolvido nas interações em sala de aula, nas aulas relativas às observações das linhas espectrais, procurando compreender os processos de apropriação da linguagem científica. Na ocasião, discorreu sobre os tipos de linguagem, o nível de argumentação e os indicadores de alfabetização científica de Sasseron e Carvalho (2008).

Barrelo Jr. (2010), em sua dissertação de mestrado, adaptou a sequência inicialmente proposta e a utilizou na escola de aplicação da USP com alunos da terceira série do Ensino Médio. Sua principal alteração foi empregar no lugar da atividade lúdica analógica para discussão das possíveis interpretações da teoria quântica um interferômetro de Mach-Zehnder. Assim, os alunos tiveram a oportunidade de construir seus conhecimentos em uma atividade experimental. Em aula posterior, os alunos retomaram as discussões sobre as interpretações da teoria quântica em uma atividade empregando um *software* que simula o interferômetro de Mach Zehnder desenvolvido pela Universidade de Munique para extrapolação do experimento para um único fóton. Além disso, Barrelo Jr. (2010) na análise empregou o padrão de argumentação de Toulmin, as operações epistemológicas e os indicadores de alfabetização científica de Sasseron e Carvalho (2008).

### 3.1 OS DADOS DA PESQUISA

Nas pesquisas descritas no item anterior (BROCKINGTON, 2005; SILVA, 2006; BARRELO; 2010), havia a preocupação com a efetivação da aplicação da sequência didática elaborada e com a presença de argumentação em sala de aula. Essa se difere pela preocupação com o caráter investigativo nas aulas de onde foram extraídos os dados e com os vários modos de representações empregados na construção do conhecimento.

No Quadro 2, a seguir, encontram-se alguns detalhes da adaptação da sequência aplicada junto a alunos da terceira série de Ensino Médio.

Quadro 2 - Sequência didática – dualidade onda-partícula

AULA	CONTEÚDO	ATIVIDADE/COMENTÁRIOS
1	Modelo na física	Atividade da caixa preta
2	Efeito fotoelétrico	Simulação na sala de informática. Site eletrônico: <a href="http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm">http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm</a> Após breve explicação, é utilizada a simulação alterando o comprimento da onda, e observado a cor da luz e a ocorrência – ou não – do efeito fotoelétrico
2		Vídeo e análise da simulação – Discussão
3		Questionário sobre efeito fotoelétrico Entrega de texto para leitura em casa
4	Onda ou partícula	Exposição em ppt sobre fenômenos e explicação como onda ou partícula (apresentacaofoton2904.ppt)
5	Interferômetro	Utilização do MZ real (grupos se dividem)
6		Simulação na sala de informática (applet da Universidade de Munique)
7	Interpretações da Mecânica Quântica	Discussão em sala (apresentação em ppt). Texto do Oswaldo ao final da aula para leitura em casa
8		Discussão e encerramento
9	Encerramento	Exposição dialogada com filosofia da ciência

Os dados de nossa pesquisa foram extraídos: da aula 1, sobre a caixa preta; e da aula 2, sobre o efeito fotoelétrico. Os dados foram tomados de gravações de todas as aulas da sequência descrita no quadro anterior, as quais foram realizadas em cinco turmas de três diferentes professores, em localidades distantes com a utilização de duas filmadoras. Estas, por sua vez, foram dispostas da seguinte forma: uma focalizando toda a turma enquanto outra focalizava o pequeno grupo. As autorizações para gravação e utilização dos produtos dessas aulas fornecidos por cada responsável dos alunos se encontra no LaPEF, na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Além das imagens e falas presentes nas gravações, existem também cópias digitalizadas de todos os trabalhos, questionários, provas e desenhos produzidos pelos alunos.

### 3.2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa se propõe a auxiliar a geração de conhecimentos sobre: “Como múltiplas representações são empregadas na mediação de construções de conhecimento de ciências em sala de aula?”. Para responder a essa questão, admite-se que, em um ensino por investigação, há maior probabilidade de ocorrer construção de conhecimento por parte dos alunos.

Quanto à forma de abordagem, esta é uma pesquisa qualitativa que procura descrever relações diferentes formas de representação empregadas pelos alunos durante o processo de construção dos significados, em observação da sala de aula. Quanto ao objetivo, trata-se de uma pesquisa exploratória com um caso centrado na atenção ao uso de múltiplas representações em física, mas com possíveis resultados facilmente generalizáveis a outros temas e disciplinas. Além disso, classifica-se também como uma pesquisa descritiva, pois a coleta de dados por meio dos trabalhos elaborados pelos alunos, filmagem e os materiais propostos para as atividades, assim como a análise, explorando os vários modos semióticos envolvidos no processo, exigem essa postura descritiva.

Nesta tese, as comunicações adotando as diversas linguagens têm seu amparo no contexto escolar, com significados construídos socialmente; e as considerações da análise têm amparo nas bibliografias empregadas no referencial teórico.

### 3.3 CARACTERIZAÇÕES DAS FONTES DOS DADOS

Caracterizou-se a escola e foram examinadas as informações dispostas nos sítios eletrônicos tanto da escola quanto da Secretaria da Educação, que publica o Idesp. Descreve-se o professor a partir dos conhecimentos pessoais deste pesquisador, de informações no currículo *Lattes* e de um questionário sobre informações pessoais, das turmas, das aulas dadas e da escola.

#### 3.3.1 A Caracterização da Escola

O professor, os alunos e a classe, cujas aulas foram filmadas, são da escola da rede pública estadual Francisca Lídia de Araújo Pereira<sup>3</sup>, da Diretoria de Ensino Sul 2, do Estado

---

<sup>3</sup> Foram preservados anonimatos dos alunos, professores e da escola, substituídos por nomes de meus antepassados, assim aqui homenageados.

de São Paulo. Esta instituição, desde 1984, está situada na Zona Sul, a 30 km do centro da cidade São Paulo, na Rua Agostinho Rubim, 301 – CEP 05848-000, Jardim Campo de Fora, e atende a aproximadamente 2.000 alunos, no Ensino Fundamental II e no Ensino Médio Regular, nos períodos manhã, tarde e noite.

O colégio conta com dezesseis salas de aula; uma biblioteca com acervo superior a 7.800 livros e centenas de DVDs, entre eles as coleções do DVD Escola; uma quadra; sala para os professores; sala de vídeo; sala de informática; e um endereço eletrônico: <https://sites.google.com/site/escolamiguelmunhozfilho>. Apesar dessa infraestrutura, não conta com um espaço físico para laboratório.

Existe um esforço para empregar o material do programa *SPaulo faz escola*, mas nem sempre é possível. Os livros didáticos servem como material complementar aos cadernos do referido programa, porém muitos professores não os utilizam e, conseqüentemente, são desperdiçados. A diretora da escola embora não seja efetiva, sua trajetória profissional tem sido marcada pelo longo tempo na direção dessa unidade educacional. O grupo de professores é composto de 88 professores; seis deles com duas graduações; seis com especialização; seis com mestrado; e um fazendo o doutorado.

Desde 1998, a partir do envolvimento do Professor Seiji Sano no Projeto *Melhoria da Qualidade no Ensino Médio das Escolas Públicas: O Ensino de Termodinâmica*, a escola passou a registrar o engajamento da equipe escolar em vários projetos: 1) Melhoria da Qualidade no Ensino Médio das Escolas Públicas: O Ensino de Termodinâmica (Fapesp/Feusp – 1998 a 2002); 2) Enlaces/Educarede (1999 a 2003); 3) Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (Fapesp/Feusp – 2003 a 2007); 4) World Trade Center (2003); 5) Enlaces/Educarede; Educom Rádio (USP/2004); 6) Olimpíada Brasileira de Matemática (2005 a 2012); 7) Olimpíada Brasileira de História (2011); 8) Ismart (2011); e 9) Olimpíada Brasileira de Física (2011).

O resultado tem sido visto nas menções honrosas e medalhas obtidas pelos alunos: uma aluna foi a vencedora do concurso de redação World Trade Center em 2003; nas Olimpíadas de matemática, soma a marca de 24 menções honrosas; 2 medalhas de prata em 2009 e 2010 e 1 medalha de ouro em 2011. Também há um aluno medalhista de prata na Olimpíada Brasileira de Física em 2011, e alguns alunos atingiram a penúltima fase (a 5ª fase) na Olimpíada Brasileira de História em 2011.

Embora esses projetos tenham possibilitado contribuições no desempenho escolar, o número do Idesp tem oscilado e, por isso, há um questionamento por parte da escola quanto a essa forma de avaliação em sua página. Por sua vez, o Idesp é um indicador de qualidade que

considera dois critérios: o desempenho dos alunos no exame do Saesp e o fluxo escolar. Segundo a secretaria da educação, em sua página inicial:

O Idesp – Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo – é o indicador que avalia a qualidade das escolas estaduais paulistas em cada ciclo escolar e permite fixar metas anuais para o aprimoramento da qualidade da educação no Estado de São Paulo. Assim, o Idesp e as metas norteiam o trabalho da equipe da escola na direção da melhoria da qualidade do ensino e da gestão escolar, com o apoio da Secretaria de Estado da Educação<sup>4</sup>.

A tabela a seguir fornece um panorama dos últimos anos do Idesp da Escola Francisca Lídia de A. Pereira. A primeira coluna refere-se aos anos letivos. Na segunda coluna, estão os índices obtidos pela escola no respectivo ano; na terceira coluna, a porcentagem das metas atingidas propostas pela SEE; a quarta coluna exhibe o Idesp das escolas pertencentes à Diretoria Sul 2; enquanto à quinta coluna cabe demonstrar o Idesp das escolas do município de São Paulo; e à sexta coluna, o Idesp das escolas do Estado de São Paulo.

Tabela 8 - Valores do IDESP para a escola Francisca Lídia de Araújo Pereira

	Escola	Meta	Diretoria	Município	Estado
2008	1,42				
2009 <sup>5</sup>	1,34	0	1,53	1,75	1,98
2010 <sup>6</sup>	1,77	120	1,42	1,57	1,81
2011 <sup>7</sup>	1,58	0	1,35	1,53	1,78
2012 <sup>8</sup>	1,70	67	1,43	1,59	1,91

Fonte: Adaptada de <http://idesp.edunet.sp.gov.br>

O desempenho em 2012, da terceira série do Ensino Médio foi de 2,19, no Idesp, porém o fator de fluxo foi de 0,77, reduzindo esse valor a 1,70. O bairro Jardim de Campo de Fora faz parte de uma região outrora tida como uma das mais violentas de São Paulo. Nas duas últimas décadas, essa situação tem se modificado devido a diversas ações da comunidade, à melhora da condição econômica do país e às políticas públicas, como, por exemplo, a instalação de terminais rodoviários, corredor de ônibus, linha de metrô, Centro Educacional Unificado – CEU, várias escolas, prédios, e hospitais. Hoje o IDH da região é 0,782. Geralmente, não se tem conhecimento de problemas com drogas na escola. Porém,

<sup>4</sup> Disponível em: <[http://idesp.edunet.sp.gov.br/o\\_que\\_e.asp](http://idesp.edunet.sp.gov.br/o_que_e.asp)>. Acesso em: 20 abr 2014

<sup>5</sup> Disponível em: <<http://idesp.edunet.sp.gov.br/arquivos2009/902512.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

<sup>6</sup> Disponível em: <<http://idesp.edunet.sp.gov.br/arquivos2010/902512.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

<sup>7</sup> Disponível em: <<http://idesp.edunet.sp.gov.br/arquivos2011/902512.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

<sup>8</sup> Disponível em: <<http://idesp.edunet.sp.gov.br/arquivos2010/902512.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

nesse ano, 2012, ocorreram episódios envolvendo alguns alunos que ingressaram na 1ª série do EM, vindos de outros colégios da região, e foi necessária uma intervenção com a finalidade de conter a situação.

### 3.3.2 Caracterização do Professor

O professor Vicente José da Rosa é Licenciado em Física pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo, tendo o título de mestre em ensino de ciências, na modalidade ensino de física e, atualmente, é doutorando pela Universidade de São Paulo no programa de ensino de ciências. É docente na Universidade Metodista, atuando nos cursos de engenharia, tecnologia e licenciatura. Além disso, desenvolve atividades relacionadas à pesquisa em ensino e formação de professores no Nupic/Lapef, grupos vinculados à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. É também professor efetivo nas redes pública e particular de ensino desde 1994, por ser muito comprometido com a rede pública que raramente falta. Desde o início de sua carreira no magistério, leciona na mesma escola, mantendo forte ligação afetiva com esta.

Em 2004, retomou seu vínculo com a USP, participando do grupo no LaPEF, que, sob a orientação do Prof. Dr. Maurício Pietrocola, desenvolveu o projeto *A transposição didática das teorias modernas e contemporâneas para a sala de aula*. Junto aos demais membros do grupo, passou a publicar uma série de trabalhos em encontros e simpósios de ensino de ciências e de física. A sequência de ensino que se utiliza para a tomada dos dados deste trabalho teve como um dos seus autores iniciais o referido professor, embora a sequência que se empregue tenha sofrido alguma adaptação. Ele tem aplicado anualmente essa sequência junto a seus alunos na escola pública e ministrado cursos para professores da Rede Pública de ensino, sobre a sequência dualidade onda-partícula, e também sobre os outros três tópicos desenvolvidos no projeto: a relatividade, a física de partículas e física das radiações.

### 3.3.3 Caracterizações dos Alunos

Os alunos participantes da aprendizagem que envolve a sequência didática empregada nesta pesquisa possuem idade de 16 anos a 20 anos. A maioria tem por objetivo fazer um cursinho e entrar na universidade. Alguns pensam em permanecer em seus trabalhos atuais e, por isso, acreditam que não poderão dar prosseguimento a seus estudos em uma instituição superior. Do total de alunos, dessas duas turmas cerca de 40% trabalham; a maioria reside

próximo à escola; muitos em comunidades próximas: a do Jardim Campo de Fora e a do Jardim São Luiz.

Foram filmadas aulas de duas turmas: a 3ª série, turma A, com aulas de física às terças-feiras, pela manhã, das 07h00min – 08h40min; e a 3ª série C, com aulas, às sextas-feiras, das 21h30min – 23h00min. A escolha dessas turmas teve por motivação o fato desses alunos terem estudado anteriormente com o professor Vicente, e, segundo eles, essas turmas tinham rendimento um pouco superior às demais. Embora durante as aulas o professor tenha registrado uma pequena rotatividade dos alunos não foi suficiente para afetar o desenvolvimento das aulas. Segundo o professor, esse problema foi mais acentuado no período noturno, principalmente pelo fato de as aulas terem acontecido às sextas e nas duas últimas aulas.

Os alunos, após a exposição do projeto, aceitaram participar. Os com maioridade civil, e os responsáveis dos menores, assinaram autorizações que possibilitaram registrar em filmagens e utilizar as imagens, sons e os produtos das atividades educacionais trabalhadas nas aulas no desenvolvimento e divulgação de pesquisas no ensino de ciências. Nota-se no depoimento do professor e também nas aulas filmadas que não houve problemas disciplinares, apenas algumas conversas, que não atrapalharam as gravações. As turmas trabalharam de maneira agradável e cooperativa no desenrolar das atividades.

### 3.3.4 Considerações desta análise

Na bibliografia estudada, encontra-se uma série de aspectos que tem relevância com esta pesquisa, os quais propiciarão construir uma resposta ao problema proposto: “Como múltiplas representações são empregadas na mediação de construções de conhecimento de ciências em sala de aula?” Além disso, será relevante observar: 1) aspectos do ensino por investigação e de enculturação científica nas aulas analisadas; 2) os movimentos e gestos nas ações dos alunos durante a realização das atividades investigativas; 3) a forma de associação entre o conhecimento novo e os conhecimentos prévios. Que ferramenta foi utilizada para construir o novo conhecimento?; e 4) a atenção visual demandada na construção do conhecimento científico escolar.

Os aspectos do ensino por investigação (CARVALHO et al., 1999; TRÓPIA, 2011; MUNFORD; LIMA, 20078; RODRIGUES; BORGES, 2008) que se fazem notar, iniciando pela proposição do problema, empregar-se-á o TAP, pelo fato do problema ser um argumento pronto, de autoria do professor que busca de maneira lógica convencer seus alunos para o

desenvolvimento da atividade. Para as etapas: um possível levantamento de hipóteses, uma elaboração de um plano de trabalho, análise e conclusão, a argumentação analisada será considerando a formação do raciocínio científico proposto por Lawson (2002; 2004; 2010), o padrão hipotético-dedutivo.

Para os movimentos, serão empregadas as indicações de Roth e Lawless (2002): movimentos ergóticos e epistêmicos. Serão considerados movimentos ergóticos as manipulações de mobilidades e ergonomia peculiares de entes físicos, instrumentos e equipamentos presentes na aula. Destacado os movimentos ergóticos dos movimentos epistêmicos, os demais serão categorizados como movimentos epistêmicos, principalmente aqueles que tenham a intenção de produzir reações sensoriais aos integrantes do grupo. Os gestos dêiticos empregados para apontar pessoas, objetos e representações (ROTH; LAWLESS, 2002; CADOZ, 1994; McNEILL, 1992), além de ser um meio para facilitar a leitura de figuras (MARTINS; GOUVÊA; PICCININI, 2005), enquanto os gestos icônicos simulam características de um fenômeno, sendo uma forma de representação gestual do objeto ou de uma característica do objeto estudado (McNEIL, 1992). E, posteriormente a essa classificação, as transições entre os modos manipulativos e gestuais.

Para a forma de associação entre o conhecimento novo e os conhecimentos prévios, as ferramentas utilizadas para construir o novo conhecimento foram as seguintes: modelos (SILVA, 2005; 2007; TWENEY, 2011; COOK, 2006; MATTHEWS, 2007); a analogia material (HESSE, 1972), representação do concreto-desenho-justificar ou intuir que seja isso; analogia formal – comparação com uma característica matemática ou tomando como referente algum termo específico de uma teoria, ou de um modelo científico (BLACK, 1962; HESSE, 1972; TWENEY, 2011); algum modelo que possa ser considerado um andaime epistemológico (PODOLEFSKY; FINKELSTEIN, 2007, COOK, 2006).

Nas proposições tanto do professor quanto do aluno, atenta-se para o foco imagético dos envolvidos nos turnos considerados: atenção visual para os equipamentos, materiais ou qualquer outra forma de apetrecho experimental; atenção visual para o desenho, figura ou qualquer outra forma de representação pictórica ou gráfica expressa pelos alunos; atenção visual para as representações dinâmicas em simulações nas telas do computador.

Será realizada uma contagem das classificações citadas sistematizando as transições entre elas (LEMKE, 1998; 2003 e 2006; LABURÚ e SILVA, 2011). Destacando-se uma graduação segundo os critérios da tabela 9, a seguir:

Tabela 9 - Graduação para o uso de múltiplas representações

Múltiplas representações	Nível
Empregadas pelo professor.	I
O professor destaca realiza transições entre as representações.	II
Empregadas pelos alunos.	III
Os alunos realiza transições entre as diferentes representações.	IV

Oito das tabelas apresentadas até aqui são para propriedades qualitativas que se enquadram em um espectro que, muitas vezes, vai do uso exclusivo por parte do professor ao uso exclusivo por parte do aluno; ou de uma situação extremamente restritiva, como na tabela 4, sobre o plano de trabalho, em que o material é comprado e, nesse caso, a ação do professor está engessada, até o maior grau de liberdade possível. E, para se aproximar de uma extremidade ou outra do espectro, procura-se padronizá-los em 4 níveis para classificá-los na presente análise.

## 4 ANÁLISE

Serão consideradas nesta análise as transcrições, os vídeos e os documentos referentes a duas aulas da sequência didática anteriormente empregada<sup>9</sup>: a primeira sobre a atividade com a caixa preta e a segunda empregando uma simulação sobre o efeito fotoelétrico.

### 4.1 AULA COM A ATIVIDADE “CAIXA PRETA”

A análise será iniciada por intermédio de episódios da aula em que a atividade “caixa preta” foi trabalhada junto aos alunos. Essa aula ocorreu em 21 de setembro de 2012 e começou com a explicação do professor sobre a atividade a ser desenvolvida durante a aula; a orientação sobre esta; e a proposição da situação-problema para a qual os alunos deveriam se mobilizar a fim de construir uma solução.

#### 4.1.1 Primeiro episódio: a problematização

No início da fala, o professor transparece sua concepção sobre investigação em sala de aula: os alunos realizariam, portanto, uma investigação de maneira semelhante às ações dos cientistas em seus trabalhos.

Quadro 3 - Transcrição da aula 1, turno 1

TURNO TEMPO	FALA
1 00:00	Prof.: O projeto que a gente vai iniciar hoje, a gente vai começar com uma atividade, e essa atividade, ela tem um caráter um pouquinho investigativo, ou seja, vocês <i>vão tá trabalhando</i> um pouco aí na perspectiva <i>de</i> como [se] vocês fossem um cientista, então o que vocês vão fazer, pessoal... Nós vamos nos dividir em oito grupos. Cada grupo pode ter, no máximo, oito. Não, vai dar uma maioria de sete a oito, vai depender da quantidade de pessoa, cada um vai fazer [um] grupo de quatro pessoas, e aí eu vou pedir o seguinte: que cada grupo fique num cantinho da sala. Então, vamos ver.

Duas linhas de considerações podem ser argumentadas em relação às ênfases “um pouquinho” e “um pouco”, no turno T.1: a primeira diz respeito à consciência do desenvolvimento da aula, à convicção tida pelo professor de ser a aula investigativa ou não. Nota-se em diversas literaturas a posição de pares de sala de aula quanto à dificuldade de considerar a possibilidade de um ensino efetivamente de construção de conhecimento, com ações investigativas.

<sup>9</sup> Quadro da sequência didática – página 78.

Se algumas atividades nos moldes da promoção de investigação contemplam desde a problematização, passando pelo levantamento de hipóteses, pelo debate para a construção de um plano de trabalho, pela tomada e tratamento dos dados, pela validação desses mesmos dados pelos pares em sala de aula, pela sistematização e generalização dos resultados, pelas ênfases à natureza da ciência, pela adequação em torno da coerente linguagem científica e a exploração das relações CTSA, algumas atividades não comportam todas estas ações (CARVALHO et al., 1999). A omissão de um desses elementos, em uma sequência desenvolvida em aula, não a desqualifica como ensino por investigação. Não há necessidade de que todos os elementos arrolados estejam presentes na atividade para caracterizá-la como um ensino por investigação.

A segunda linha de consideração diz respeito ao conhecimento do professor sobre algumas questões relativas à epistemologia da ciência, e considerando que, embora propor e testar hipóteses seja uma marca fundamental do “fazer ciência”, há outras diversidades de situações que não serão exploradas em sala de aula, e, portanto, é bastante apropriado o termo “um pouco”, permitindo aos alunos a compreensão de que há proporções e características a se considerar quando os alunos “fazem ciência” e os cientistas “fazem ciência”. Carvalho é clara ao afirmar, nos relatos sobre o ensino investigativo desenvolvido pelos grupos que orienta: “Não queremos que o aluno aja igual a um cientista” (CARVALHO, 2013). Trópia (2011) considera um dos erros presentes nos grandes projetos, que ressoam ainda nos discursos de alguns professores e em suas concepções sobre o ensino de ciências, a orientação de que o aluno deva pensar como um cientista.

Nesse mesmo turno, T.1, o professor passa a organizar as ações em sala de aula. Ele administra que o trabalho seria desenvolvido em grupo, quantos grupos se alocariam razoavelmente naquele espaço escolar, o que fez após algumas opiniões dos alunos no turno 2, mas encerra essa discussão em sua percepção inicial (turno 3).

Quadro 4 - Transcrição da aula 1, turno 3

TURNO TEMPO	FALA
3 00:40	Prof.: Estamos em 27 mais ou menos, então dá certinho sete grupos com quatro integrantes. Eu vou entregar pra cada grupo uma folha de sulfite. Nessa folha de sulfite vocês colocarão o nome completo de cada um com o número e a turma, beleza? E aí a tarefa nossa hoje, pessoal, tá tudo aqui, a tarefa de vocês vai ser isso aqui: eu vou entregar <i>pra</i> cada grupo uma caixinha dessa aqui que a gente <i>tá</i> batizando a partir desse momento de caixa preta. Qual é a tarefa de vocês enquanto cientistas, né, investigador? Vocês vão manipular essa caixinha, não pode abri-la em hipótese alguma, só que vocês vão fazer o seguinte, vocês <i>tão</i> olhando que ela tem duas extremidades aqui? E aí, vocês vão brincar de manipular isso daqui. E a tarefa de vocês vai ser a seguinte: vocês vão ter que tentar representar no papel por meio de uma figura, uma ilustração [de] como <i>é que</i> isso aqui funciona. Vocês vão brincar de mexer com isso aqui, vão

<p>tentar desenhar no papel qual é o mecanismo que tem aqui dentro, se é que tem alguma coisa aqui dentro, que explica porque <i>que</i> isso aqui funciona. Depois que todo mundo fizer, vou dar um tempo e vou passando de grupo em grupo. Depois cada grupo virá aqui na frente e vai ter <i>que</i> expor <i>pros</i> demais como é <i>que</i> pensou, imaginou o funcionamento dessa caixinha, beleza? Pessoal, é tranquilo, sem medo de errar, <i>tá</i>, gente? A gente <i>tá</i> aqui... a gente não sabe o que tem aqui dentro mesmo, então vamos tentar agir da maneira natural mesmo. Se você não sabe o que tem aqui, vamos começar a pensar, a imaginar. Conversem entre vocês em grupo. Certamente vocês vão chegar <i>em</i> um consenso. <i>Tá</i> legal?</p>
---

Nesse mesmo turno, o professor passa a direcionar sua fala administrando estritamente a realização da atividade: os resultados deveriam estar em papel sulfite e que informações deveriam constar em uma folha. Essa práxis é atribuição específica do professor: o gerenciamento da sala de aula, a organização da atividade e da forma como os resultados da atividade deveriam ser apresentados. Ouvir os alunos é importante, principalmente quanto às concepções da ciência na construção do conhecimento em sala de aula. Ouvi-los quanto à organização da aula, é boa prática e certamente outras considerações quanto ao “fazer escola” podem ser observadas, mas esta análise se detém em concepções mais restritas ligadas à ciência.

Em T.3, o problema é proposto, em uma sequência de informações. Na primeira dessas, encontra-se o caráter multimodal de comunicação, quando a frase do professor em linguagem natural é incompleta (LEMKE, 2002): “aí a tarefa nossa hoje, pessoal, *tá* tudo aqui, a tarefa de vocês vai ser isso aqui”; “vocês *tão* olhando que ela tem duas extremidades aqui”. Porém, um sentido pode ser apreendido se se considerar suas ações ao mostrar aos alunos na sala a caixa preta. Com um gesto dêitico durante a fala, o professor levanta a caixa preta para torná-la visível a todos os seus alunos.

Ainda nesse turno, nota-se, na fala do professor, a concepção de que a atividade investigativa em sala de aula tem caráter analógico ao trabalho realizado pelos cientistas: “[...] qual é a tarefa de vocês enquanto cientistas [...]”. Em quatro instantes, o professor faz referência à ação que seria desenvolvida pelos alunos na aula: “manipulação”, “brincar”, “mexer”, “sem medo de errar”.

[...] vocês vão manipular essa caixinha, não pode abri-la em hipótese alguma [...].  
 [...] E aí, vocês vão brincar de manipular isso daqui [...].  
 [...] Vocês vão brincar de mexer com isso aqui [...].  
 [...] Pessoal, é tranquilo, sem medo de errar, *tá*, gente?

Essa manipulação, segundo Roth e Lawless (2002), é vista como favorável à emergência da linguagem. E, no caso desta pesquisa, a expectativa é o desenvolvimento de aspectos de enculturação científica imerso em atividades que possuem características com

alguma semelhança quanto à linguagem empregada no desenvolvimento da ciência. Esse mexer, manipular, deve estar desconectado de ações categorizadas como certo ou errado, nas práticas escolares, mas se enquadra em ações para estímulo à descoberta, à imaginação do que há no interior da caixa. “Mexer, brincar e não ter medo de errar” foi a maneira escolhida pelo professor de expressar a inexistência de uma resposta predefinida, esperada e que os alunos deveriam procurá-la. No turno 5, quando um aluno indaga ao professor sobre o que haveria dentro da caixa, este responde: “[...] só, Deus sabe”, para expressar o caráter aberto da questão. O problema que nesse enredo estava sendo proposto seria uma “questão aberta” (CARVALHO et al., 1999).

Tanto a forma de proposição do problema foi multimodal, à medida que o professor mostrou a caixa preta para a sala: “explica porque *que* isso aqui funciona”, quanto o processo de construção da resposta pelos alunos, que, ao observarem e ouvirem a exposição do professor, deveriam produzir conhecimento para elucidar: Que mecanismo produz os efeitos visualizados quando se manipula a “caixa preta”?

Duas outras características importantes das ações do trabalho científico são apontadas na fala do professor: a representação em linguagem pictórica das concepções resultantes do debate em seus respectivos grupos; e a exposição, ou comunicação das concepções desenvolvidas para validação da comunidade, nesse caso da comunidade escolar, a turma: “você vão ter que tentar representar no papel por meio de uma figura, uma ilustração como é que isso aqui funciona”; “vão tentar desenhar no papel qual é o mecanismo que tem aqui dentro”.

Construir representações, às vezes, pictóricas, está entre os objetivos de uma educação em ciências (LEMKE, 1998; PAIVA, 2010). Embora o professor, nas três declarações em que orienta os alunos, designe que a figura produzida seja uma ilustração, diversas outras funções podem estar associadas à construção de desenhos em ciências: entre eles, a comunicação de características, muitas vezes, mais apropriadas às representações imagéticas, como características topológicas (LEMKE, 1998; CARMO; CARVALHO, 2009; LABURÚ; SILVA, 2011); desenhos podem auxiliar a organizar as ideias, como relatou Einstein apud Holton (HOLTON, 1998, p. 109); ou podem ser usados para testar possíveis hipóteses apresentadas pelos grupos de alunos.

A segunda característica importante no trabalho que desenvolvem os profissionais da ciência é a comunicação e submissão das considerações desenvolvidas a uma comunidade que questione, refute, valide e até contribua na construção do modelo científico (SILVA, 2005), e, no caso dos alunos, ao modelo mental (SILVA, 2005). Essa orientação foi dada aos alunos no

turno T.3: “cada grupo virá aqui na frente e vai ter *que* expor *pros* demais como *é que* pensou, imaginou o funcionamento dessa caixinha, beleza?”.

O professor fecha sua proposta de atividade com uma síntese relevando as ideias “pensar, imaginar, conversar (debater), consenso”. Ideias que devem estar no ensino por investigação assinaladas também por Perez e Torregrosa (1987 apud CARVALHO et al., 1999, p. 79).

A gente *tá* aqui... a gente não sabe o que tem aqui dentro mesmo, então vamos tentar agir da maneira natural mesmo. Se você não sabe o que tem aqui, vamos começar a pensar, a imaginar. Conversem entre vocês em grupo. Certamente vocês vão chegar *em* um consenso. *Tá* legal? (Turno T. 3).

Pautar os trabalhos em sala de aula com uma questão problematizadora representa um caráter essencial para uma proposta de ensino por investigação, a ponto de muitos pesquisadores da área de ensino de ciências compartilharem desse posicionamento. (CARVALHO et al., 1999; AZEVEDO, 2004; MUNFORD; LIMA, 2008; RODRIGUES; BORGES 2008; TRÓPIA, 2011 etc.).

#### 4.1.1.1 A Argumentação na Proposta do Professor

Tomando como base o padrão de argumentação de Toulmin (1958; 2001), em que um argumento deve ter no mínimo: o dado (D), a garantia (W) e a conclusão (C), mas poderá conter também um apoio (A), refutação (R) e o qualificador modal (Q), nota-se a presença de cinco desses elementos no argumento inicial do professor.

O padrão de argumentação de Toulmin (1958; 2001) se aplica bem a essa situação, em que nos cinco turnos iniciais o professor é o efetivo orador e se vale quase exclusivamente da linguagem verbal falada para expor a rotina de trabalho e propor o problema. A única variação entre os modos semióticos empregados, nessa introdução, é o momento em que o professor levanta a caixa preta e permite a toda turma visualizá-la.

O dado nesse argumento seria a caixa preta, como descreve o professor no turno T3: “[...] a tarefa de vocês vai ser isso aqui, eu vou entregar pra cada grupo uma caixinha dessa aqui que a gente *tá* batizando a partir desse momento de caixa preta”.

Esse “dado” se locupleta pela comunicação multimodal, ficando claro para os alunos presentes na aula, ou que assistiram à aula filmada, pois se observa na filmagem o professor com gestos dêiticos (ROTH; LAWLESS, 2002), levantando a caixa, tornando-a visível e a está fazendo referência em suas falas, designando-a pelo pronome demonstrativo “isso”.

Não a resposta à atividade, mas a conclusão na estrutura do argumento desenvolvido pelo professor é a essência do problema proposto aos alunos: um mecanismo elucidador do que exista no interior da caixa e que explicito o funcionamento. Essas informações também se encontram no turno T.3.

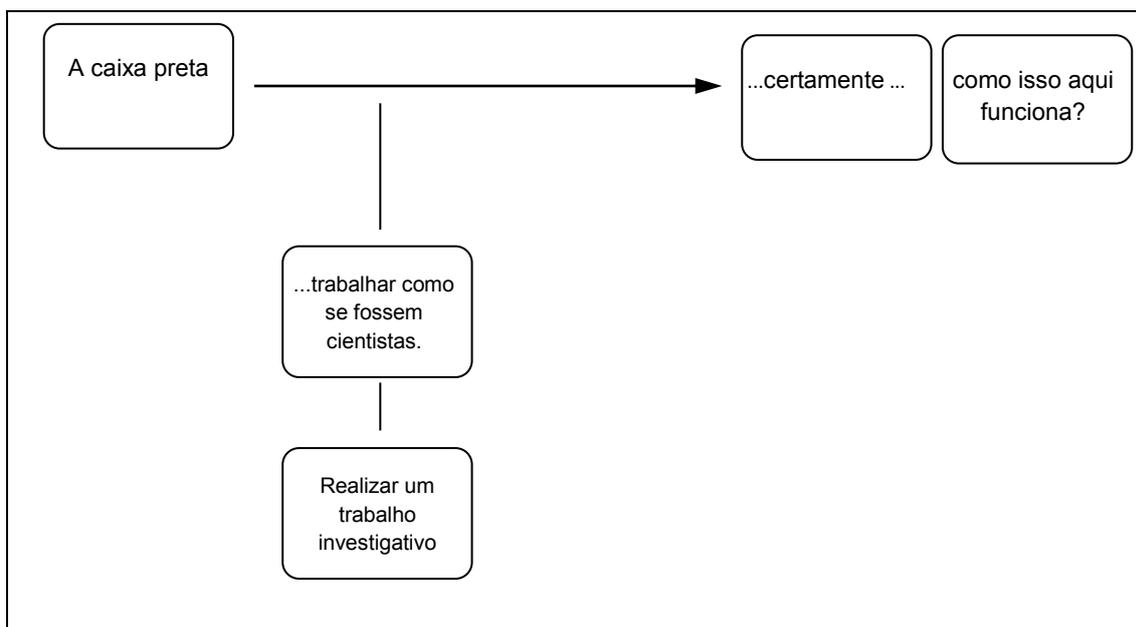
[...] a tarefa de vocês vai ser a seguinte: vocês vão ter *que* tentar representar no papel por meio de uma figura, uma ilustração como *é que* isso aqui funciona? Vocês vão brincar de mexer com isso aqui, vão tentar desenhar no papel qual é o mecanismo que tem aqui dentro? Se é que tem alguma coisa aqui dentro? Que explica porque *que* isso aqui funciona? [...]

A garantia ou justificativa para essa conclusão seria o posicionamento dos alunos como cientistas. Toulmin (1958; 2001) sugere a interlocução “já que” para a identificação da garantia. Portanto, “já que”: “vocês vão trabalhar como cientistas [...]” (essa é a garantia), devem descobrir, elaborar, imaginar o funcionamento adequado para o mecanismo no interior da caixa.

O projeto que a gente vai iniciar hoje, a gente vai começar com uma atividade, e essa atividade, ela tem um caráter um pouquinho investigativo, ou seja, vocês *vão tá trabalhando* um pouco aí na perspectiva *de* como [se] vocês fossem um cientista (T.1).

Na expressão “um caráter... investigativo”, nesse mesmo turno, reside o apoio a essa garantia, uma vez que se trata de um princípio, ou um paradigma: investigar é a função dos cientistas.

Figura 11 – A proposta da atividade no padrão de argumentação de Toulmin



O professor qualifica o caráter da atividade proposta de desvendar e representar o que há na caixa preta com um conjunto de palavras, mas do qual se destaca “certamente”. Essa expressão amplia a estrutura do argumento fornecendo também segurança aos alunos de que a proposta, o problema apresentado na forma de um argumento, teria uma solução bastante plausível.

*A gente tá aqui... a gente não sabe o que tem aqui dentro mesmo, então vamos tentar agir da maneira natural mesmo. Se você não sabe o que tem aqui, vamos começar a pensar, a imaginar. Conversem entre vocês em grupo. **Certamente** vocês vão chegar em um consenso. Tá legal? (T.3)*

Optou-se por não transcrever palavra por palavra no esquema apresentado, pois a locução do professor envolvia uma série bastante retórica, recolocando frases que se equivalem segundo algum elemento do padrão de argumentação do Toulmin (1958). O reforço dos elementos pode ser considerado salutar, pois, no decorrer da aula, não se registra a busca dos alunos por informações junto ao professor, ou refutações à garantia apresentada. A garantia foi aceita e ficou esclarecido para os alunos o que deveriam fazer na aula.

Se um argumento em sua estrutura mais simples deveria ser composto de D, W e C (TOULMIN, 1958), o argumento presente no discurso possui, além desses elementos: qualificador modal e apoio, portanto, um pouco mais robusto que um argumento simples. Há cooperação entre os modos semióticos (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003) empregados para propor o problema e o aspecto visual do trabalho a se realizar pelos alunos é um dos primeiros indícios destacando a relevância da comunicação multimodal nas atividades investigativas.

O problema foi bem colocado pelo professor, já que explorou outros modos de comunicá-lo, aproveitando o aspecto visual da atividade, assim como a orientação para a forma de apresentação da solução em um desenho, e o argumento de proposição do problema está completo, segundo o enquadramento no TAP. Convém ressaltar também, a boa inserção na aula, como aspecto essencial em um ensino por investigação. Os alunos assumiram o problema para si. Já não era o problema do professor, mas um desafio para eles que se mantiveram concentrados em superá-lo.

Do turno T.7 ao T.422, os alunos apresentam diversas questões e, entre elas, algumas se referem a delimitações do problema, recortes para focar parte deste. Essas questões não obedecem a uma ordem restritamente cronológica quanto à sua aparição. No decorrer da aula, o surgimento está na ordem dos debates sujeito a um episódio específico. O primeiro episódio com a participação dos alunos trata da identificação dos elementos constituintes da caixa

preta, logo, as questões nos turnos, nesse respectivo episódio, estão relacionadas em sua maioria questões de identificação. Porém, o trabalho investigativo dos alunos se molda como uma espiral em que os alunos, mesmo em outros episódios, retornam, às vezes, para identificação de novos elementos ou para reconstrução de concepções já trabalhadas.

No quadro a seguir, elenca-se uma série de questões levantadas pelos alunos referentes a identificações de elementos do mecanismo da caixa preta, assim como a identificação dos materiais desses componentes e da caixa.

Quadro 5 - Perguntas de identificação

TURNO TEMPO	FALA
9 02:32	A3: Não tem, não faz barulho. Isso aqui é uma madeira, certo?
11 02:34	A2: Do que será <i>que é</i> feito?
24 e 25 05:44	A3: Não. Você vai ter que mexer nos negócios e ouvir. Faz um barulhinho <i>meio que</i> uma garrafa. A5: Dá pra ouvir?
27 05:55	A3: Não tem som de plástico? Puxa os dois lados, os dois lados.
55 08:01	A3: Tem um prego aqui?
129 16:35	A2: Uma mola ou um elástico?
175 22:26	A4: E isso aqui é o quê?
176 22:27	A2: E também não pode ser a mola porque quando você puxa a mola de um lado a mola fica, a mola não fica aberta?
177 22:26	A4: Não, mas vem cá. E isso aqui é o quê?
252 27:07	A4: Uma o quê?
277 28:59	A5: Eu acho que o que <i>tá</i> segurando a madeira é esse negócio aqui ó. É o... esse papel aqui, qual o nome <i>desse</i> trem? Fita isolante. É isso que <i>tá</i> segurando a madeira. Porque <i>pra</i> que <i>que</i> enfiaram tanta fita isolante nessa bagaça?

Na metodologia empregada durante todo o processo de averiguação das hipóteses, foram levantadas várias questões que auxiliaram a construção do raciocínio, cuja finalidade era promover justificativas para a presença de cada elemento e/ou material. Uma série dessas questões refere-se à função dos elementos hipoteticamente presentes no mecanismo enquanto outra série similarmente explorava a causalidade que justificaria a presença dos elementos. No quadro a seguir, há alguns exemplos desta modalidade de questões.

Quadro 6 – Perguntas sobre as funções de partes da caixa

TURNO TEMPO	FALA
29	A2: <i>Pra</i> que será que serve isso? Tem um negócio aqui, ó.

06:10	
63 09:01	A2: E qual que é a função do rolete?
93 11:24	A2: É, então, é como se essa corrente aqui você puxa um lado a corrente se move pra lá. Entendeu? Esse lado aqui é o... tipo pedal da direita com o outro.
112 13:38	A2: Qual é a função da mola?
115 13:53	A4: Mas como <i>que</i> vai ter uma liguinha <sup>10</sup> aí <i>pra</i> fazer esse troço?
159 20:36	A2: <i>Pra</i> que teria um prego aqui? A gente precisa saber isso.
165 20:58	A4: <i>Pra</i> que serve isto daqui? Aqui não é um prego.
282 29:57	A2: Mas esse elástico aqui? Na hora que a madeira vai, o elástico vai fazer o quê? Qual é a função do elástico?
283 30:01	A3: O elástico vai esticar certo? Mas quando você solta o elástico tem que voltar. Como que ele vai voltar? Se você soltar quando você estica o elástico ele volta.

Os alunos ainda não haviam completado a exploração dos possíveis elementos presentes no mecanismo da caixa preta, mas perceberam que seria necessário compreender o posicionamento de cada elemento e sua relação com outros elementos, ou como este estaria ligado à caixa. Assim, passaram a elaborar outra série de modalidade de perguntas no intuito de auxiliar a localização dos elementos constituintes do mecanismo da caixa preta. A seguir, há um quadro com exemplos desta modalidade de perguntas levantadas pelos alunos:

Quadro 7 – Perguntas sobre a localização de partes da caixa

TURNO TEMPO	FALA
117 14:06	A4: E a mola vai <i>tá</i> onde?
189 23:15	A4: Mas como que isso vai ser uma liguinha sendo que aqui tem uma liguinha. <i>Deixa eu</i> falar. Tem uma liguinha aqui e outra aqui, certo? Como que vai puxar uma liguinha aqui e vai mexer outra liguinha aqui?
232 26:04	A2: E onde a gente vai colocar o elástico aqui?
247 26:45	A3: Ela <i>tá</i> meio <i>que</i> presa aqui nos cantos, certo?
249 26:57	A3: Então, onde <i>que</i> a liguinha vai <i>tá</i> ?

Além das questões elaboradas pelos alunos referentes à localização dos elementos constituintes do mecanismo da caixa preta e à função dos elementos hipoteticamente presentes no mecanismo, e outras explorando a causalidade que justifica a presença dos elementos da caixa preta e outras tantas de diferentes naturezas foram elaboradas durante o

<sup>10</sup> Liguinha – Liga de látex ou anel elástico.

desenvolvimento da atividade: algumas retóricas, outras para organização da atividade, algumas para validação das hipóteses e várias outras sobre o desenho elencadas a seguir.

Quadro 8 – Perguntas sobre ações referentes ao desenho

TURNO TEMPO	FALA
131 16:38	A4: Olha, quem vai ficar com a parte de desenhar?
138 17:11	A3: Alguém tem uma régua? Régua, não? Ninguém tem?
278 29:11	A2: E se for só pra pintar?
298 31:28	A2: Você vai fazer outro, Igor? Tá bom aquele lá.
300 31:32	A2: Não tá bom aquele desenho? Tá bom, Igor. Tá bom.
302 31:41	A2: Quem vai ter o dom artístico?
336 37:03	A2: O elástico, o elástico tinha que ser amarelo, sabe? Tinha que ser amarelo, sabe?
351 37:50	A5: E esse negócio aqui? Deveria ser cinza.
356 38:02	A5: O elástico é isso aqui. Não é?
357 38:05	A4: E isso aqui?
359 38:07	A4: O elástico está todo enrolado, é?
382 39:55	A3: Posso colocar esses detalhes em preto? Ou <i>de</i> azul?
385 40:12	A2: Seis. Pintou o ferrinho de azul?
387 40:22	A2: Você quer uma rosa <i>pra</i> fazer o pé do ferrinho? Eu tenho um azulzinho claro <i>pra</i> ser o metal. [...]
406 41:53	A2: O elástico? Pode deixar em preto.

Fazer uma indagação, sem dúvida, representa um aspecto fundamental da epistemologia da ciência e da epistemologia do ensino, principalmente quando inserida no ensino por processos investigativos. Logo, esses alunos desdobram o problema inicial, construindo questões que varrem vários aspectos do processo investigativo. Eles são autores de variados modos de questões e já não é necessário que o professor questione todas as suas posições, mas eles se encarregaram de explorar possibilidades de questionamentos que deflagrassem inconsistência em suas posições hipotéticas. Essa conduta revelada nos dados mostra que os alunos estiveram inseridos no contexto de um processo de enculturação científica e isso foi desenvolvido de forma natural a ponto de se perceber também uma série

de questões sobre outros contextos, fora das ações de construção do conhecimento científico escolar.

#### 4.1.1.2 Para onde nos leva o problema

Do turno T.50 ao T.56, os alunos quase se desviam do compromisso com a atividade.

Quadro 9 – Representações e mediações relativas ao problema

TURNO TEMPO	FALA	AÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
50 7:38	A5: A gente tem que adivinhar o que <i>que</i> tem dentro.	T [todos estão olhando para a caixa]	A5: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
51 07:41	A3: É mais ou menos uma coisa que tem <i>que</i> no centro se você puxar ele estica e aí empurra o outro lado	A5 [Tenta levantar parte da fita isolante] A3 [Simula puxar as hastes.] T [Atentos aos movimentos de A5]	A5: Movimentos ergóticos A3: Gestos icônicos A3: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
52 07:47	A4: Vamos abrir? (risos)	A4 [Falando.]	A4: Linguagem verbal cotidiana
53 07:50	A2: A câmera aí.	A2 [Falando.]	A2: Linguagem verbal cotidiana
54 08:01		A5 [Manuseando a caixa.] T [Atentos aos movimentos de A5]	A5: Movimentos ergóticos A5: Movimentos epistêmicos T: Atenção à imagem visual
55 08:01	A3: Tem um prego aqui?	A3 [Com o polegar apalpa a cabeça do prego no centro de uma das faces da caixa] A3 [Falando] T [todos estão olhando os movimentos de A3]	A3: Movimentos epistêmicos A3: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
56 08:04	A2: Pregos? Vai, a gente tem que fazer, ó, se eu puxo um lado, [o] que <i>que</i> faz o outro pular?	A2 [Com todos os dedos das mãos juntos, afasta uma mão e, retornando, afasta a outra] A3 [Apalpa, gira, coloca o dedo onde está a cabeça do prego] [Bate os dedos contra a caixa, mas sempre com o olhar fixo para a caixa] T [Olhando para A2 e seus gestos]	A3: Movimentos ergóticos A3: Movimentos epistêmicos A2: Gestos icônicos A2: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual

O significado do desafio, sua intensidade, pode conduzir os alunos a diferentes dimensões. Para alguns, o problema pode se situar exatamente como foi proposto, com todo o reforço da oratória, uma atividade investigativa para a construção do conhecimento científico, o “fazer ciência”. Para outros, toda colocação do professor é um desafio para se dar a resposta esperada, o “fazer escola” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2000). A aluna A4 sugere que a caixa seja aberta e a aluna A3 esboça seguir essa orientação. No vídeo, é visível a tentativa da

aluna em retirar a fita isolante que reveste a caixa e a constatação de que há um prego no centro da face de um dos lados da caixa preta. Ela confirma essa constatação apalpando a cabeça do prego (turno T.55). A aluna A2 procurou evitar o erro ético do grupo, chamando a atenção para a presença da câmera no turno T.47; e, posteriormente, no turno T.49. Desse modo, interrompe o desvio ético, chamando a atenção a que se atenham em dar resposta à questão, não fala abertamente sobre o erro na conduta, mas retoma o raciocínio para a investigação: “Prego? Vai, a gente tem que fazer, ó, se eu puxo um lado, [o] que *que* faz o outro pular?”.

O motivo que leva esses alunos a quererem transgredir a ética é um fenômeno além da natureza da ciência, por ser de natureza sociocultural. Se questões tão ordinárias podem desestabilizar os alunos para a transgressão, que se dirá de questões envolvendo propriedades materiais que tenham relevância perceptíveis para os alunos e ao seu bem-estar? Atuar na construção de um ambiente que permita os alunos se situarem na dimensão de trabalhos investigativos, em torno de um problema, é responsabilidade do professor. Os dados mostram a tentativa do professor sugerindo ações não peculiares à sala de aula, tais como, “brincar”, “é tranquilo, pessoal”, e um afastamento satisfatório para produção da solução. O professor circulou atendendo diversos grupos, a ponto de uma aluna deste grupo chegar a pensar em burlar a construção da resolução, levantando a fita.

#### 4.1.2 Segundo episódio – os primeiros contatos dos alunos com o material

Dos turnos T.6 ao T.39, ocorreram os primeiros contatos dos alunos com a caixa preta. Ocorreram três sequências de turnos centradas no aspecto sonoro da interação dos alunos com a caixa preta. A primeira sequência se encontra entre os turnos T.6 e T.11; a segunda sequência do turno T.22 ao T.25 e o turno T. 28; e a terceira sequência nos turnos T.50 e T.51.

Quadro 10 – Representações e mediações nas considerações iniciais

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
6 02:31	A2: Roda <i>pra</i> ver o que tem aí dentro.	A2 [com os dedos da mão direita fechada, como se estivesse segurando a haste realiza gestos de rotação] A5 [Tenta imprimir um movimento de rotação na haste] T[Atenção visual dividida entre os gestos de A2 e a caixa]	A5: Movimentos ergóticos A2: Gestos icônicos A2: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
7 02:31	A2: Sacode aí.	A4 [assume a caixa e manipula a haste próximo ao ouvido]	A4: Movimentos epistêmicos A2: Linguagem verbal cotidiana

		T [olhando para a caixa]	T: Atenção à imagem visual
8 04:31	A2: Sacode aí pra ver se tem alguma coisa dentro.	A2 [A mão em forma assemelhando-se a uma concha, com a concavidade para cima, é chacoalhada no ar] T [Atenção visual se divide entre o gesto de A2 e a caixa na mão de A3]	A3: Movimentos epistêmicos A2: Gestos icônicos A2: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
9 04:32	A3: Não tem, não faz barulho.	A3 [chacoalha a caixa no centro do grupo] T [olhando para a caixa]	A3: Movimentos epistêmicos A3: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
10 04:32	A3: Isso aqui é uma madeira, certo?	A3 [Então: bate com os dedos contra a caixa e deduz:] T [Olhando para a caixa]	A3: Movimentos epistêmicos A3: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
11 04:32	A2: Do que será que é feito? Madeira.	A2, A4 e A5 [batem os dedos contra a caixa e deduz: Madeira]. T [Olhando para a caixa]	A2, A4 e A5: Movimentos epistêmicos A2: Ling. verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual

A aluna 2 propõe inicialmente à aluna 5, que estava com a caixa preta na mão, para girar a haste e ver se havia algo no interior desta. A aluna 5 embora tente, não consegue. Logo em seguida, a primeira volta a propor uma nova ação para a manipulação: que se sacuda a caixa. Há duas possibilidades para essa ação: 1ª) Ao sacudir, pelo tato, movimentos epistêmicos (ROTH; LAWLESS, 2002) poderiam auxiliar a inferência de alguma hipótese sobre o que há no interior da caixa. O “sacode” é um aspecto importante no ensino-aprendizagem por investigação. Carvalho (2013) faz destaque à possibilidade de manipulação, nas etapas iniciais em uma investigação experimental; 2ª) O som possibilitaria uma distinção do que há no interior da caixa, caso os alunos tivessem alguma referência em suas memórias para comparação. Lemke (1998) comenta a necessidade de se observar todas as linguagens envolvidas nas construções das ciências, em sala de aula, pois afirma que se desconhece como os alunos constroem os significados, ou de onde eles trazem referências para associar aquilo a que se atém em sala de aula, e, neste caso, os alunos dão especial atenção aos sons emitidos no manuseio da caixa preta.

Nos turnos T.9 e T.10, o aluno A3 atua com dois movimentos epistêmicos (ROTH; LAWLESS, 2002) segundo a orientação do aluno A2. Ele sacode a caixa procurando ouvir sons que lhe permitam fazer alguma dedução e, ao fazê-lo, aproxima a caixa preta do ouvido e com um toque de seus dedos dobrados bate contra a madeira, e deduz ser de madeira o exterior da caixa.

No turno T.11, a aluna A2 questiona: “Do que será que é feito?”, fazendo referência à caixa preta, e, simultaneamente, bate várias vezes os dedos contra a caixa, realizando

movimentos que lhe permitiram sentir a composição da caixa e ouvir sons oriundos dela, movimentos epistêmicos (ROTH; LAWLESS, 2002). Embora não torne explícito como identificou o material, o cita: madeira. Os turnos T.9 e T.10 ocorreram rapidamente, e, no turno T.11, a mesma ação foi repetida várias vezes, repetida pelos outros três membros do grupo, para confirmar que o exterior da caixa era de madeira, e que o procedimento experimental de interação com o material era conveniente: bater os dedos contra a caixa e ouvir o característico som que resultava desta ação.

Saber de que a caixa era feita não fazia parte do problema proposto à sala, mas, para esse grupo, isso passou a fazer parte do problema e induziu a uma maneira de construir sua metodologia de colocar hipóteses e testá-las. Eles passaram a questionar os materiais presentes na caixa. Se o interior da caixa pareceu-lhes mais distante para propor alguma resposta, eles iniciaram a construção de suas concepções pelo exterior, pela parte que permitia ações mais diretas.

No turno T.10, o aluno A3 chegou à conclusão sobre o material no exterior da caixa preta. Ele se questionou sobre o exterior da caixa, interagiu e concluiu que o material externo da caixa era de madeira. Porém, os demais membros do grupo consideraram necessário reproduzir o teste para confirmá-la. O padrão de estrutura lógica empregada por A3 omite a hipótese; age com um teste por ele planejado no turno T.10, quando os dedos batem contra a caixa e não externaliza o que esperava, “o então” nem comenta o resultado encontrado, passando, no entanto, direto para a “conclusão”.

**Se...** (T.10) o material de composição da caixa for madeira, [implícito].  
**e...** eu bater os dedos contra ela, [implícito].  
**então...** ouvirei sons característicos de toque em madeira, [implícito].  
**e...** os sons esperados foram obtidos [implícito].  
**portanto,**... (T.10) “Isso aqui é madeira” [explícito].

O padrão de raciocínio hipotético-dedutivo de Lawson (2002; 2004) pode ser construído a partir da ação e conclusão do aluno A3. O padrão “se, e, então, e, portanto” está completo sem ter sido externalizado na forma de um argumento.

Dos turnos T.10 ao T.20, os alunos voltam sua atenção à hipótese proposta pela aluna A5, de que no interior da caixa haveria uma esponja (T.13). Essa hipótese não foi aceita pelos alunos A3 e A4. Até esse momento, o aluno A3 teve o maior número de tempo, de turnos em contato com a caixa e, embora discorde da hipótese de A5, não justifica sua recusa. A aluna A4 propõe considerar, no interior da caixa, a existência de uma mola, mas não indica o meio

para testar esta hipótese. Em ambos os casos, o funcionamento tem semelhança, ação de uma força de restituição devido à deformação.

Nos turnos T.13 e T.16, a sequência das falas pressupõe a tentativa de uma estruturação lógica para validar a hipótese (T.13). Porém, as falas e eventos se desencadeiam de tal forma que o “resultado esperado” não foi previsto e tampouco o “resultado encontrado” é conveniente para a educação científica: “dá pra sentir alguma coisa”. Esse teria sido o momento ideal para a intervenção de alguém mais experiente, o professor, para questionar a ambiguidade da declaração: “alguma coisa”. Que percepção teve esse aluno em sua interação com a caixa? Os movimentos com a intenção de gerar percepções sensoriais estão sendo observados nessa análise, mas, nesse recorte das falas dos alunos, há ausência de uma ação efetiva para permitir considerar seu papel na estrutura de raciocínio lógico do aluno. E, ao se alocar as falas no padrão hipotético-dedutivo de Lawson (2002; 2004), que está incompleto, tomando o termo qualificador do padrão de argumentação de Toulmin, e aplicando aqui na conclusão, esse reforça tanto a incompletude quanto a ambiguidade na estruturação do padrão de raciocínio lógico.

**Se...** (T.13) é uma esponja [hipótese aventada].  
**e...** (T.16) se você tocar assim [teste planejado].  
**então...** [resultado esperado].  
**e...** (T.16) dá pra sentir alguma coisa [resultado encontrado].  
**portanto,...** (T.16) parece que é uma esponja [conclusão].

Quando A5 propôs a hipótese de uma esponja no interior da caixa, movimentou os dedos no ar em gestos icônicos (ROTH; LAWLESS, 2002), diante dos olhos de todos do grupo, como se estivesse apertando, algumas vezes, uma esponja. Quando A5 executa o teste, no turno T.16, puxando e empurrando as hastes executa movimentos ergóticos, pois manipula a caixa; e também epistêmicos (ROTH; LAWLESS, 2002), visto que há a intencionalidade de ter percepção por meio do tato de que substância (esponja) há no interior da caixa.

Quadro 11 – Representações e mediações para a esponja como hipótese

TURNO TEMPO	FALA	AÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
13 04:42	A5: Eu acho que é uma esponja.	A5 [Movimenta a mão repetidamente, como se estivesse apertando uma esponja] T [Atentos aos gestos de A5]	Gestos Icônicos Linguagem verbal cotidiana Analogia material Atenção à imagem visual
16 04:46	A5: Por que se você tocar assim, óóó ... dá pra você sentir alguma coisa, parece que é uma esponja.	A5 [Puxa e empurra uma das hastes. E faz isto próximo do ouvido] T [Olhando A5 manusear a caixa]	Movimentos ergóticos Movimentos epistêmicos Linguagem verbal cotidiana Analogia material Atenção à imagem visual

Essas três formas de movimentos: ergóticos, epistêmicos e icônicos se destacam nesses dois turnos, na tentativa de estruturar um convincente argumento promovido por A5 aos demais membros do grupo, para aceitação da hipótese tomada por analogia de algo bastante comum no Brasil, uma esponja, exercendo expressiva atenção visual.

No turno T.33, a aluna A2 retorna ao raciocínio sobre a hipótese de que no interior da caixa existiria uma esponja. Ela destaca um novo “resultado encontrado” após o teste executado com movimentos epistêmicos (manipulação das hastes) para detectar sons provenientes da caixa. Logo, o “resultado esperado”, o “então”, passou a estruturar o raciocínio hipotético-dedutivo; se no interior da caixa existisse uma esponja e fosse manipulada, então, não se escutaria nenhum som. Com o novo resultado, A5 conclui que a hipótese de uma esponja no interior da caixa deva ser descartada.

**Se...** (T.13) é uma esponja [hipótese considerada].  
**e...** (T.16) se você tocar assim [teste planejado].  
**então...** não ouvirá barulho [resultado esperado – implícito].  
**e...** (T.16) dá pra sentir alguma coisa [resultado encontrado].  
**portanto...** (T.16) parece que é uma esponja [conclusão].  
**mas** (T.33) Ela faz um barulho quando você mexe [resultado encontrado].  
**portanto,** ... (T.33) não é uma esponja [conclusão].

O turno T.18 é bastante significativo: nele, a aluna A2 começa a fazer a síntese das hipóteses propostas, faz considerações sobre o que seria aceito pelo grupo até esse momento. Propõe que se inicie o registro na forma de um desenho: “*Pera*, A3. *Dá licença*, A3. *Gente*, oh, *roda*, ele não roda. Já sabemos que ele é feito de madeira e se eu puxar de um lado estica do outro. Vai desenhando... anotando isso”.

Quadro 12 – Destaque as mediações com movimentos epistêmicos

TURNOS TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
18 04:50	A2: <i>Pera</i> , Igor. <i>Dá licença</i> , Igor. <i>Gente</i> , oh, <i>roda</i> , ele não roda. Já sabemos que ele é feito de madeira e se eu puxar de um lado estica do outro. Vai desenhando... Anotando isso.	A2 e A3 [movimentam as hastes simultaneamente] A2 [tenta imprimir um movimento de rotação nas hastes] T [Olhando para a caixa]	Movimentos ergóticos Movimentos epistêmicos Linguagem verbal cotidiana Atenção à imagem visual
19 05:11	A5: Vai, ó, tem um lápis, uma lapiseira porque lápis é coisa de pobre.	A3 [se debruça sobre a caixa, encosta o ouvido na caixa e passa a manusear] A2 [esboça iniciar o desenho]	Movimentos ergóticos Movimentos epistêmicos Linguagem verbal cotidiana Atenção à imagem pictórica
20	A4: Ele vai dar uma folha,	A3 [continua debruçado]	Movimentos ergóticos

05:16	<i>cê não sabe?</i>	sobre a caixa e a manuseá-la]	Movimentos epistêmicos Linguagem verbal cotidiana
21 05:20	A5: Rascunho, rascunho, filha. Eu posso dar uma olhada?	A3 [continua debruçado sobre a caixa e a manuseá-la] A4 [Olhando para A3 sobre a caixa] A2 [Olhando para a folha onde irá iniciar o desenho]	Movimentos ergóticos Movimentos epistêmicos Linguagem verbal cotidiana Atenção à imagem pictórica

Antes de comunicar sua síntese, a aluna A2 retira a caixa da mão do aluno A3, que a manuseava e chamando a atenção do grupo: “Gente, oh”, procura imprimir movimentos ergóticos (ROTH; LAWLESS, 2002) simulando uma rotação nas hastes da caixa, uma vez que se assemelham aos pedais de uma bicicleta, e não tendo êxito, quase que instantaneamente conclui: “*roda*, ele não roda”. A realização da síntese tem sido compreendida não só como um instrumento de ensino nos moldes tradicionais, e, muitas vezes, assim como função mais específica do professor, mas se veem nos dados deste estudo de caso que a organização do grupo incluiu em alguns momentos de sua rotina a construção de sínteses.

Nos turnos seguintes, T.19 a T.21, as falas se direcionam às questões de organização do desenho a ser realizado, mas os gestos são relevantes. Os alunos realizam gestos ergóticos, movimentando as hastes, e também epistêmicos, debruçando-se sobre a caixa para ouvir os sons dela proveniente.

Dos turnos T.22 ao T.33, os alunos retornaram a considerar os ruídos resultantes de suas interações com a caixa. No turno T.22, a aluna A3 conclui que há alguma espécie de plástico no interior da caixa, como resultado dos quatro turnos anteriores, T.19 ao T.22, em que esteve debruçado sobre a caixa procurando discernir os sons emitidos do interior da caixa causados pela manipulação. A aluna A5 quis repetir o procedimento de teste para validar a colocação de A3. A ação de interação que ela empregou no turno T.23 foi contestada por A3, que a orientou em como interagir com a caixa para obter o mesmo resultado, característica relevante para a prática científica. A fim de se obter os mesmos resultados, deve-se seguir a mesmo procedimento experimental, e o aluno A3 esteve atento a isso, ciente de que a maneira como sua colega agia não confirmaria sua colocação.

Quadro 13 – Movimentos epistêmicos para mediação dos testes da hipótese

TURNOS TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
22	A3: Tem um plástico aqui	A3 [Manuseando as hastes.	A3: Movimentos ergóticos

05:25	dentro.	Conclui após ouvir os sons oriundos do interior da caixa. E fala enquanto manuseia as hastes] A3, A4 e A5 [Olhando para a caixa] A2 [Inicia anotações na hipotética folha de resposta]	Linguagem verbal cotidiana Analogia material A3, A4 e A5: Atenção à imagem visual A2: Atenção à imagem pictórica
23 05:26	A4: Deixa eu ver.	A4 [Chacoalha a caixa, próximo ao ouvido.] A2 [Iniciando os esboços]	A4: Movimentos epistêmicos Linguagem verbal cotidiana A3, A4 e A5: Atenção à imagem visual A2: Atenção à imagem pictórica
24 05:29	A3: Não. Você vai ter <i>que</i> mexer nos negócios e ouvir. Faz um barulhinho <i>meio que</i> uma garrafa.	A3 [Gesticula sua orientação. Afasta uma mão da outra, simulando o movimento das hastes] A4 [Se debruça sobre a caixa, encosta o ouvido na caixa e passa a manuseá-la] A2 [Iniciando os esboços]	A4: Movimentos ergóticos A4: Movimentos epistêmicos A3: Gestos dêiticos A3: Gestos icônicos Linguagem verbal cotidiana Analogia material A3, A4 e A5: Atenção à imagem visual A2: Atenção à imagem pictórica
25 05:44	A5: Dá pra ouvir?	A4 [Manuseando a caixa] A3, A4 e A5 [Olhando para a caixa sendo manuseada por A4] A2 [Iniciando os esboços]	A4: Movimentos ergóticos Linguagem verbal cotidiana A3, A4 e A5: Atenção à imagem visual A2: Atenção à imagem pictórica
26 05:45	A4: <i>Pera</i> . “Após manusear, levanta a cabeça e diz:” A4: Não estou ouvindo nada.	A4 [Volta a se debruçar sobre a caixa, encosta o ouvido na caixa e passa a manusear]	A4: Movimentos ergóticos A4: Movimentos epistêmicos A4: Linguagem verbal cotidiana A3, A4 e A5: Atenção à imagem visual A2: Atenção à imagem pictórica
27 05:55	Não tem som de plástico? Puxa os dois lados, os dois lados.	A3 [Aponta para a caixa] A3 [Orienta a A5 simulando a maneira de puxar as hastes] A5 [Se debruça sobre a caixa, encosta o ouvido na caixa e a manuseia]	A5: Movimentos ergóticos A5: Movimentos epistêmicos A3: Gestos dêiticos A3: Gestos icônicos A3: Linguagem verbal cotidiana A3, A4 e A5: Atenção à imagem visual A2: Atenção à imagem pictórica Atenção à imagem nas simulações
28 06:02	Eu acho que tem uma mola aí.	A4 [Abre e fecha a mão, enquanto fala. Mas os movimentos não condizem com uma intencionalidade de simulação correspondente a uma mola – Gesto retórico] A2 e A3 [Estão olhando A4 falar e gesticular] A5 [Está debruçada sobre a caixa, manuseando e ouvindo os sons por ela emitidos]	A5: Movimentos ergóticos A5: Movimentos epistêmicos A4: Linguagem verbal cotidiana A4: Analogia material A2, A3, A4: Atenção à imagem visual A2: Atenção à imagem pictórica
29 06:10	Pra que será que serve isso? Tem um negócio aqui, ó.	A2 [Apalpando o centro da caixa] T [A atenção visual de todos está direcionada para os movimentos de A2]	A2: Movimentos ergóticos A2: Movimentos epistêmicos A2: Gestos dêiticos A2: Linguagem verbal cotidiana A2: Analogia material T: Atenção à imagem visual

30 06:10		A2 [Sacode a caixa próximo ao ouvido] T [A atenção visual de todos está direcionada para os movimentos de A2]	A2: Movimentos ergóticos A2: Movimentos epistêmicos T: Atenção à imagem visual
31 06:10	A2: Deve ter uma mola, porque você sacode assim tem um negocinho.	A2 [Simula como se chacoalha a caixa] A3 [Apalpa a posição indicada por A2, no turno anterior e chacoalha a caixa próximo ao ouvido] T [Olhando os movimentos de A3]	A3: Movimentos epistêmicos A2: Gestos icônicos A2: Linguagem verbal cotidiana A2: Analogia material T: Atenção à imagem visual
32 06:27		A3 [Chacoalha a caixa próximo ao ouvido e chacoalha a cabeça, como sinal de não – não está ouvindo ou não identifica o som como de mola] T [Olhando os movimentos de A3]	A3: Movimentos epistêmicos A3: Gestos icônicos A3: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
33 06:27	A3: Não faz um barulho quando você mexe, então eu acho que não é uma esponja, porque senão...	A5 [Chacoalha a caixa próximo ao ouvido] T [Olhando A5 manusear a caixa]	A5: Movimentos ergóticos A5: Movimentos epistêmicos A5: Linguagem verbal cotidiana A5: Analogia material T: Atenção à imagem visual

Quando no turno T.23 a aluna A5 solicita averiguar a colocação do aluno A3 e chacoalha a caixa, este último lhe dirige a palavra: “Não”, pois estivera debruçado com o ouvido próximo a caixa, manuseando as hastes, ou seja, executou movimentos ergóticos e epistêmicos (ROTH; LAWLESS, 2002). Enquanto a aluna A5 apenas chacoalhou a caixa sem mexer nas hastes, movimentos ergóticos, portanto, ficou restrita a movimentos foram epistêmicos, Ele completa a fala, neste turno: “Você vai ter *que* mexer nos negócios e ouvir”. No turno T.27, A3 solicita que seus companheiros atestem sua afirmativa inicial: “Não tem som de plástico?”.

Avaliando a construção do raciocínio desses alunos, empregando Lawson (2002; 2004) e averiguando se se trata de um raciocínio hipotético-dedutivo, nesse trecho do episódio, em que estavam sendo considerados os sons provenientes da caixa, destaca-se que, a partir dos dados da linguagem verbal, a aluna A4 não conseguiu completar o padrão “se, então e portanto”.

**Se...** T.23 – há plástico no interior da caixa preta [hipótese considerada].

**e...** T.23 – chocalhando a caixa próximo do ouvido [teste planejado].

**então...** ouvirei sons característicos que me possibilitarão a identificação destes plásticos [resultado esperado].

A aluna A4, nessa sequência, foi interrompida por A3 que a orientou, em uma comunicação multimodal (verbal e gestual icônica), sobre a maneira de fazer o teste, ou sobre qual deveria ser o “teste planejado” para obtenção dos “resultados esperados” (T.24). A seguir, reescreve-se o padrão de raciocínio reelaborando a comunicação multimodal expressa no turno T.24 e o implícito resultado esperado.

**Se...** T.22 – há plástico no interior da caixa preta [hipótese considerada].  
**e...** T.24 – movendo as hastes próximo ao ouvido, [teste planejado].  
**então...** ouvirei sons característicos que me possibilitarão a identificação destes plásticos [resultado esperado].  
**mas...** T.26 – não estou ouvindo nada [resultado encontrado].

A4 realizou duas vezes o teste como orientada, e o resultado leva à inferência de que não há plástico no interior da caixa. Contudo, os alunos não verbalizaram o “portanto” e partiram para considerar uma nova hipótese.

No turno T.28, a aluna A4 recoloca sua hipótese inicial, de que no interior da caixa há uma mola. No turno T.31, a aluna A2 considera que a mola seria mais coerente com os ruídos advindos da caixa quando chacoalhada, mas abandonam as considerações que permitiriam uma conclusão nessa sequência de turnos. No turno T.32, o aluno A3, após chacoalhar a caixa próximo ao ouvido – movimentos epistêmicos (ROTH; LAWLESS, 200), acena a cabeça com, um “não”, pois discorda que os ruídos ouvidos provenientes da caixa se assemelham aos ruídos de uma possível mola ou esponja.

Nos turnos T.59 e T.60, os alunos voltam a considerar a exploração de ruídos como uma forma conveniente de primeira análise sobre o que haveria no interior da caixa.

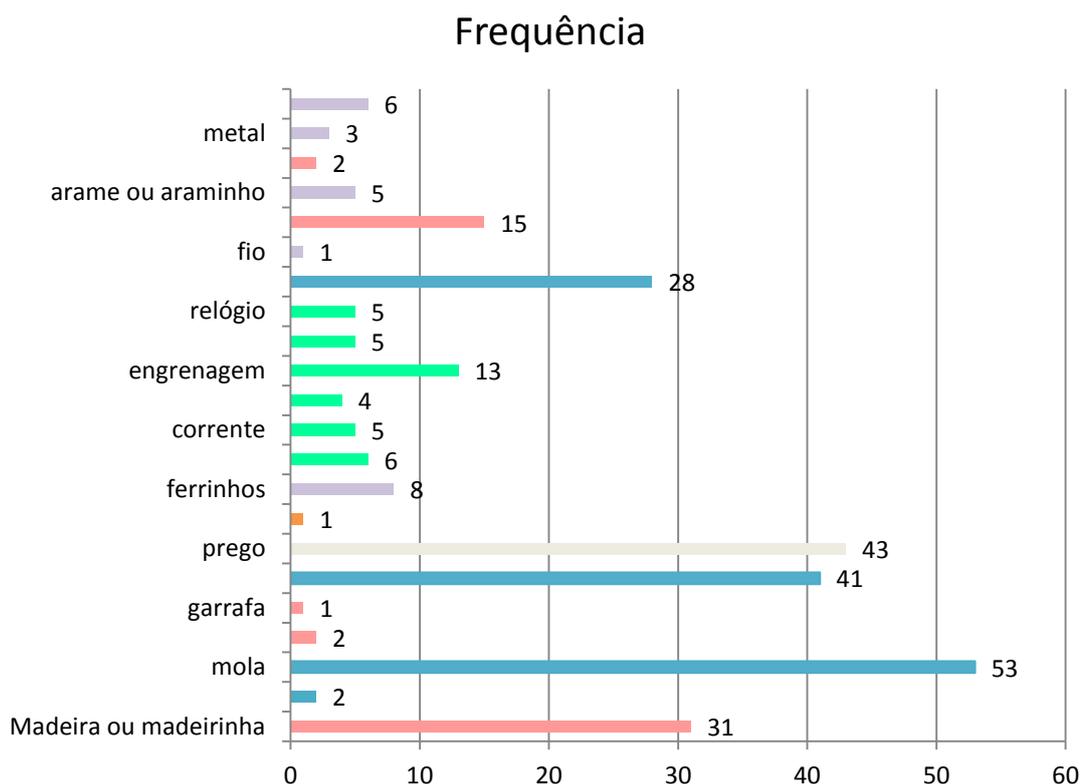
Quadro 14 – Movimentos epistêmicos para mediação dos testes da hipótese II

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
57 08:16	A3: Ó o barulhinho, ó o barulhinho.	A3 [Batendo com os dedos contra a caixa] A4 [Observando A3 batendo na caixa enquanto os demais membros do grupo aproximam os ouvidos da caixa]	A3: Movimentos epistêmicos A3: Linguagem verbal cotidiana A4: Atenção à imagem visual
58 08:18	A2: Isso é barulho da madeira, Igor. Então, tem uma molinha aí.	A3 [Continua a manusear a caixa – batendo os dedos contra a caixa e depois a chocalha] A4 [Observando A3 batendo na caixa enquanto os demais membros do grupo aproximam os ouvidos da caixa]	A3: Movimentos epistêmicos A3: Linguagem verbal cotidiana A4: Atenção à imagem visual

Até o turno T.63, os alunos propuseram várias hipóteses, mas de forma intuitiva, sem levar ao final o padrão hipotético-dedutivo para atestá-las. A partir do turno T.64, entretanto, passaram a realizar testes lógicos sobre suas hipóteses, mas tendo caráter analógico com mecanismos que os alunos mostram nos dados terem alguma familiaridade. Apesar das hipóteses continuarem a serem propostas, o modo de testá-las passou a ser mais elaborado.

No gráfico a seguir, apresenta-se a frequência com que diversas hipóteses, dos alunos A2, A3, A4 e A5, foram sugeridas, e a ordem em que aparecem os materiais, equipamentos, componentes de equipamentos no gráfico, de baixo para cima, é correspondente à ordem em que apareceram registradas na gravação da aula. Por sua vez, o rótulo em frente de cada barra registra a frequência com que estes materiais e elementos foram citados.

Gráfico 1 - Frequência dos materiais citados no levantamento das hipóteses



As cores no gráfico agrupam certa categoria de hipóteses: mola, elástico, liguinha são elementos com capacidade de restituição ao seu comprimento inicial; bicicleta, corrente, rolete, engrenagem, pedal e relógio são objetos relacionados à possibilidade de movimento de rotação; ferrinhos, fio, arame, aramezinho, metal e cliques dizem respeito às hastes da caixa.

Embora não pertençam as hipóteses, destacam-se nas falas dos alunos durante a construção do raciocínio hipotético-dedutivo.

Hipóteses são elementos centrais em uma perspectiva de ensino por investigação. Das várias atividades propostas como investigativas em Carvalho et al. (1999), em todas havia o problema e a colocação de hipóteses. Nas considerações de Trópia (2011), Munford e Lima (2008), as hipóteses são a essência do método científico, portanto, imprescindível para o caráter de um ensino pretensamente investigativo. A aplicação do método científico não atende às demandas da educação do século XXI. Além disso, os vários apontamentos necessários como complementares ao se promover um ensino por investigação (CARVALHO et al., 1999; AZEVEDO, 2004; PAIVA; CARVALHO, 2011; TRÓPIA, 2011; MUNDORD; LIMA, 2008) trasladam esse ensino para outra dimensão além daquela das construções científicas escolares: para a dimensão da enculturação científica. Assim, já não é conveniente apenas ter e testar uma hipótese, mas participar de uma prática processual de construção de argumentos cujos elementos tenham viés científico, ou desenvolvam o raciocínio científico (LAWSON, 2004), assim como se instrumentalizar e utilizar os modos semióticos que a ciência emprega em sua construção e comunicação e ter consciência das práticas epistemológicas das ciências.

#### 4.1.3 As transições durante as proposições das primeiras hipóteses

É sabido que as construções dos alunos partem de analogias de coisas que eles conhecem e dentre os objetivos da educação científica encontra-se a mudança da linguagem do cotidiano para a linguagem científica. Carvalho (2007) aponta que esta é uma das funções do professor: auxiliar os alunos a fazerem essa transição. Como os alunos, nessa atividade, estavam em grupos pequenos, trabalhando isoladamente, isso não se nota no transcorrer da aula. Porém, espera-se outra forma de transição na linguagem que os alunos construam estruturas, cada vez mais complexas, segundo o padrão de raciocínio hipotético-dedutivo (LAWSON, 2004).

Outra transição a ser observada é como os movimentos e gestos evoluíram no decorrer dos turnos. Roth e Lawless (2002) acreditam que a linguagem oral torna-se mais estruturada à medida que os alunos se afastam dos objetos. Embora os autores comentem a grande quantidade de dados que possuíam ao escrever sobre a emergência da linguagem, salientam que nunca foi feito um estudo para averiguar a transição das formas de movimentos e gestos. As transições entre as linguagens são abordadas por Lemke (2002a; 2002b) como algo que os

alunos aqui analisados não conseguiram fazer. Por sua vez, Laburú e Silva (LABURÚ; SILVA, 2008, p. 18) descrevem aprendizagem como capacidade de transitar entre representações.

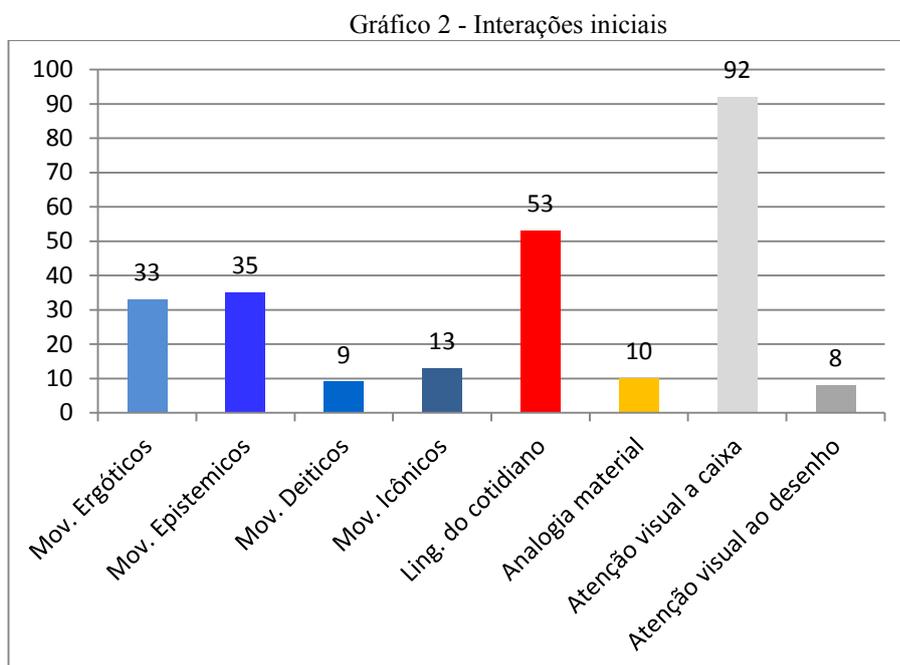
A primeira das transições que será monitorada diz respeito as formas de movimentos, e por isso se irá inicialmente tabular as formas de interação ocorridas do turno T.6 ao turno T.62. Até esse turno, porque as suposições hipotéticas foram submetidas a um menor número de testes, assim, o vínculo entre a hipótese e o objeto material ainda é tênue e nessas transições notamos um grande número de colocações das hipóteses em que aparece a expressão “eu acho”.

Quadro 15 – Fluxo das mediações durante as primeiras interações com a caixa

T U R N O s	Categorias de Interações									
	Mov. ergóticos	Mov. epistêmicos	Gestos. dêiticos	Gestos. icônicos	Ling. verbal cotidiana	Ling. verbal científica	Analogia material	Analogia formal	Atenção à imagem visual	Atenção à imagem pictórica
6										
7	5									
8		4								
9		3								
10		3								
11		3								
12		2,4,5								
13		3								
14	5									
15										
16		5								
17		5								
18		2,3								
19		3								
20		3								
21		3								
22		3								
23		4								
24		4								
25		4								
26		4								
27		5								
28		5								
29		2								
30		2								
31		2								
32		3								
33		5								
34		5								
35										
36										
37		4								
38		4								
39		4								
40		5								
41		4								
42		4								
43		4								
44		4								
45		4								
46		4								
47		4								
48		4								
49										
50										
51		5								
52		5								
53		5								
54		5								
55		5								
56		3								
57		3								
58		3								
59		3								
60		3								
61										
62										

Enquanto o diagrama anterior mostra um panorama das ações/interações durante o processo inicial de construção do conhecimento, o gráfico a seguir expõe a frequência com que as categorias de interações ocorreram: Os movimentos ergóticos e epistêmicos (ROTH; LAWLESS, 2002) somam 68 ocorrências. Cabe dizer que representa um número elevado, já que se está analisando 52 turnos, do T.6 ao T.62, ou seja, equivale a 30% a mais dessas categorias dos movimentos, movimentos ergóticos (de manipulação) e movimentos epistêmicos (para promover sensações) que o número de turnos. Os gestos dêiticos e icônicos

(ROTH; LAWLESS, 2002) somaram 22 interações, representando 43% de interações em relação ao número de turnos.



Esses diagramas e números auxiliam a percepção da importância dos movimentos e gestos para o desenvolvimento do conhecimento científico (ROTH; LAWLESS, 2002, PECCININI; MARTINS 2003; 2004; LOCATELLI; CARVALHO, 2007; CARMO; CARVALHO, 2009) e a averiguar a hipótese desta pesquisa, de que no decorrer da atividade, à medida que a fala se aprimora em estrutura lógica, o padrão hipotético-dedutivo de Lawson (2002; 2004) se locupleta, a linguagem verbal dará conta de descrever melhor o fenômeno e haverá transição dos movimentos ergóticos e epistêmicos para os gestos dêiticos e icônicos, e, por fim, para a descrição na linguagem verbal.

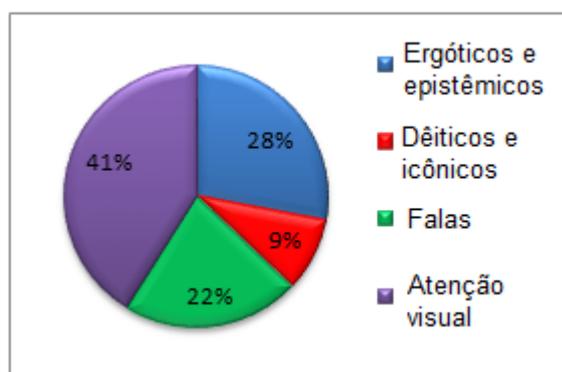
O marco dos turnos teve por referência as falas dos alunos. Salvo algumas exceções, em vários turnos observa-se que há um número maior de ações classificadas em movimentos ou gestos: T.18, T.24, T.29. Em alguns turnos, alunos repetem o mesmo movimento, como no turno T.11 e T.18, ou o mesmo aluno realiza mais do que um movimento e/ou gesto. Assim, classificam-se os gestos ocorridos naquele turno em mais do que apenas uma categoria, T.8, T.32.

Ocasionalmente, definem-se turnos com ação, sem que nenhum aluno estivesse falando, e, considerando que a atenção visual de um aluno estivesse centrada nas interações, movimentos junto à caixa preta, ou a aspectos do desenho, procura-se assinalar essa atenção em cada turno e por aluno, assim, quando no turno ocorreu atenção visual de todos os elementos do grupo, assinalamos com T, e contabiliza-se a ocorrência como 4 eventos de

atenção visual, já que no grupo havia 4 componentes. Embora expressos por Algarismos Numéricos todos esses eventos, não há condições de se monitorar em sua plenitude toda atenção visual. Não há como evidenciar o direcionamento do olhar de forma categórica, e sim apenas destacar a percepção sobre o direcionamento do olhar. Lemke (2002) fez pesquisa com semelhante metodologia para tomada de dados, mas colocou uma câmera atrás e próximo de um aluno na intencionalidade de monitorar o direcionamento do olhar, procurando destaques na atenção visual percebida pelo aluno, na tentativa de avaliar de que fontes um aluno trazia informações para construir significados. Afirma-se é que, provavelmente, o número de interações por atenção visual seja maior do que se conseguiu identificar e que estes dados devem dar parâmetros para uma análise, sobretudo, qualitativa.

O gráfico a seguir mostra a porcentagem das interações distinguidas: os movimentos ergóticos e epistêmicos; os gestos dêiticos e icônicos; a linguagem oral; e a atenção visual.

Gráfico 3 - Interações do turno T.6 ao turno T.62



Lemke (2006) declara a necessidade de se educar empregando multimodalidade e de se ensinar os alunos a transitarem nas diversas modalidades empregadas pelas ciências, com o que concordam Laburú e Silva (2011). A resposta para a atividade deveria ser dada na forma de uma representação imagética, mas, nos turnos descritos nesse episódio, apenas em cinco deles se notou a presença de interações dos alunos, mais especificamente de A2, com o desenho. Todos falam, todos realizam gestos, principalmente ergóticos e epistêmicos, mas apenas a aluna A2 desenhou nesse episódio e A4 por duas vezes propôs analogia, reforçando que no interior da caixa haveria uma mola e em outra vez contestando que haveria uma esponja. Até esse momento, as proposições hipotéticas são todas analogias materiais (HESSE, 1972) sem explicitar justificativas, mas Tweney (2011) reforça a necessidade de concepções de ensino que valorizem a utilização de extensão analógica, e essa atividade permitiu aos alunos a iniciação nesse princípio de desenvolvimento do conhecimento científico.

## 4.1.4 Terceiro episódio – o elástico

Ao analisar as considerações dos alunos em torno da proposição hipotética que havia no interior da caixa preta, é preciso retornar a turnos anteriores, pois as primeiras vezes em que esse elemento é proposto não foram elaboradas considerações sobre essa hipótese. Até o turno, T.28, já foram levantadas as seguintes hipóteses sobre o que há no interior da caixa: uma esponja (T.13), uma mola (T.17) e um plástico (T.22). A hipótese de que no interior da caixa tenha uma esponja, após manuseio e discussões, foi descartada, assim como a hipótese de que haja algum plástico semelhante aos empregados nas garrafas *pets* na caixa preta, pela omissão da conclusão após realização do teste planejado. A partir do turno T.28, a aluna A4 levanta a hipótese de que, como uma mola, o mecanismo no interior da caixa teria um elástico.

Quadro 16 – A presença de um elemento com elasticidade na caixa

TURNO TEMPO	FALA	AÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
28 06:02	Eu acho que tem uma mola aí.	A4 [Abre e fecha a mão, enquanto fala. Mas os movimentos não condizem com uma intencionalidade de simulação correspondente a uma mola – Gesto retórico] A2 e A3 [Estão olhando A4 falar e gesticular] A5 [está debruçada sobre a caixa, manuseando e ouvindo os sons por ela emitidos]	A5: Movimentos ergóticos A5: Movimentos epistêmicos A4: Linguagem verbal cotidiana A4: Analogia material A2, A3, A4: Atenção à imagem visual A2: Atenção à imagem pictórica
29 06:10	<i>Pra</i> que será que serve isso? Tem um negócio aqui, ó.	A2 [Apalpando o centro da caixa] T [A atenção visual de todos está direcionada para os movimentos de A2]	A2: Movimentos ergóticos A2: Movimentos Epistêmicos A2: Gestos dêiticos A2: Linguagem verbal cotidiana A2: Analogia material T: Atenção à imagem visual
30 06:10		A2 [sacode a caixa próximo ao ouvido.] T [A atenção visual de todos está direcionada para os movimentos de A2]	A2: Movimentos ergóticos A2: Movimentos epistêmicos T: Atenção à imagem visual
31 06:10	A2: Deve ter uma mola, porque você sacode assim tem um negocinho.	A2 [Simula como se chacoalha a caixa] A3 [Apalpa a posição indicada por A2, no turno anterior e chacoalha a caixa próximo ao ouvido] T [Olhando os movimentos de A3]	A3: Movimentos epistêmicos A2: Gestos icônicos A2: Linguagem verbal cotidiana A2: Analogia material T: Atenção à imagem visual
32		A3 [chacoalha a caixa]	A3: Movimentos epistêmicos

06:27		próximo ao ouvido e chacoalha a cabeça, como sinal de não – por não estar ouvindo ou por não identificar o som como de mola] T [Olhando os movimentos de A3]	A3: Gestos icônicos A3: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
33 06:27	A3: Não faz um barulho quando você mexe, então eu acho que não é uma esponja, porque senão...	A5 [chacoalha a caixa próximo ao ouvido] T [Olhando A5 manusear a caixa]	A5: Movimentos ergóticos A5: Movimentos epistêmicos A5: Linguagem verbal cotidiana A5: Analogia material T: Atenção à imagem visual
34 06:31	É um elástico ou uma mola.	A5 [movimenta a caixa próximo ao ouvido e depois movimenta as hastes diante de todo o grupo] T [Olhando A5 manusear a caixa]	A5: Movimentos ergóticos A5: Movimentos epistêmicos A5: Linguagem verbal cotidiana A5: Analogia material T: Atenção à imagem visual
35 06:34	Mas por que será que quando você puxa um lado o outro também estica?	A2 [Afasta uma mão da outra, simulando o movimento das hastes]	A2: Gestos icônicos A2: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
36 06:37	A3: É por causa do elástico.	A3 [apontando para a caixa] T [Estão se olhando e não para a caixa]	A3: Gestos dêiticos A3: Linguagem verbal cotidiana A3: Analogia material T: Atenção à imagem visual
37 06:42	A5: Por causa do elástico, é o mesmo...	A4 [Pega a caixa] A5 [Aponta a caixa] T [Atentos aos movimentos com a caixa]	A4: Movimentos ergóticos A5: Gestos dêiticos A5: Linguagem verbal cotidiana A5: Analogia material T: Atenção à imagem visual
38 06:43	É você puxar, ó se você puxar o lado de lá estica também, tá vendo?	A4 [chama os demais a observar os efeitos do manuseio]	A4: Movimentos ergóticos A4: Movimentos epistêmicos A4: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
39 06:48	A2: Então, <i>pera, pera...</i>		A2: Linguagem verbal cotidiana
40 06:51	A5: Se eles fossem separados. Eles <i>tão</i> juntos, eles <i>tão</i> juntos. Se ele fosse separado não ia fazer isso.	[Momento de ansiedade – 3 alunos com as mãos na caixa] A5 aponta a caixa com a mão aberta]	A5: Gestos dêiticos A5: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
41 06:51		A4 [puxa a haste e observa] A3 e A4 [Atentos ao manuseio de A4]	A4: Movimentos ergóticos A3 e A4: Atenção à imagem visual
42 06:59	Mas o que seria pra puxar um lado e esticar o outro?	A4 [Manuseando uma das hastes] A2 [simulando os movimentos conjugados das hastes] A2 e A5 [Atentos aos gestos de A2] A4 3 A3 [Olhando para a caixa sendo manuseada por A4]	A4: Movimentos ergóticos A2: Gestos icônicos A2: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
43 07:01	A5: Um elástico.	A4 [Manuseando as hastes] A5 [aponta a caixa] A2 e A5 [Atentos aos gestos de A5] A4 e A3 [Olhando para a caixa sendo manuseada por A4]	A4: Movimentos ergóticos A5: Gestos dêiticos A5: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual

44 07:04	A4: Mas se fosse um elástico puxaria só um lado, não esticaria o outro.	A2 [Movimenta uma mão simulando uma das hastes] A4 [Continua a manusear uma das hastes] T [Todos estão atentos]	A4: Movimentos ergóticos A4: Movimentos epistêmicos A2: Gestos icônicos A4: Linguagem verbal cotidiana
45 07:13	Pode ser um elástico e uma mola.	A4 [Continua a manusear a haste – para observar]	A4: Movimentos ergóticos A4: Movimentos epistêmicos A5: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual.

A pergunta da aluna A2, no turno T.29, serve para compreender que não estavam claros vários aspectos de um modelo de mecanismo que permitiriam os efeitos observados ao se manusear a caixa preta. O aluno A3 confirma a hipótese da aluna A5, no turno T.31, mas sem justificá-la. A aluna A4 chama a atenção para os efeitos do manusear, que as hastes têm movimentos coordenados, ao passo que a aluna A5, no turno T.40, conclui dessa ação que as hastes estavam ligadas.

Analisando sob o prisma da construção do raciocínio lógico hipotético-dedutivo, ou de argumentação (LAWSON, 2004), percebe-se que, até esse momento, colocadas as hipóteses, não há uma forma planejada de testes para averiguação das hipóteses. Os alunos sempre manuseiam as hastes da caixa, mas agora o foco será sujeitar as ocorrências, ou os aspectos visuais resultantes dessas manipulações e confrontá-los com a hipótese de que haveria uma mola no interior da caixa. A observação intrigante (LAWSON, 2002) está imersa nas colocações e testes das hipóteses.

T.28	<b>Se...</b> tem uma mola aí [hipótese].
T.35	<b>e...</b> quando você puxa um lado [teste planejado].
Implícito	<b>então...</b> ao soltá-la, a haste deveria retornar à posição inicial [resultado esperado].
T.34	<b>E...</b> isto é o que se observa [teste realizado].
T.36	<b>Portanto...</b> É por causa do elástico [conclusão].
T.35	<b>Mas...</b> quando você puxa um lado o outro também estica [outro resultado encontrado].
T.38	<b>e...</b> ó, se você puxar, o lado de lá estica também, <i>tá</i> vendo [outro resultado encontrado].
T.40	<b>portanto...</b> eles tão juntos [nova conclusão].
T.40	<b>Se</b> ele fosse separado [hipótese contra argumentando à conclusão].
T.40	<b>então...</b> não ia fazer isto [outro possível resultado].
T.40	<b>portanto...</b> eles <i>tão</i> juntos [confirmação da conclusão].

A estrutura do raciocínio é completa neste trecho, que considerou consistente o teste da evidente hipótese, de que haveria um elástico no interior da caixa, embora se tenha de considerar implícitos alguns elementos dessa estrutura. E dessa sequência de elementos na estrutura argumentativa os alunos chegaram não apenas a uma conclusão, mas a duas: de que

existiria um elemento elástico no interior da caixa; e de que os efeitos observados nas hastes da caixa são consequências daquelas estarem unidas.

Nesta primeira análise dos dados, em que se procura reconstruir as ideias trabalhadas na ordem cronológica, as quais apareceram na aula, ainda que, às vezes, os dados mostrem que foram citadas hipóteses em um determinado turno, mas as considerações sobre este foram retomadas posteriormente, como o ocorrido nos turnos T.46 e T.47 que servem de exemplo. No turno T.46, o aluno A3 propõe que se detenham em como representar as informações que possuíam até aquele momento. E, no turno 47, a aluna A2 faz uma nova lista das informações já consolidadas, mas logo o discurso toma outro viés e a consideração aqui exposta, de se construir uma síntese do que já estava consolidado, uma prática extremamente relevante na construção de conhecimento de qualquer área, fica relegada até que haja nova oportunidade de se retomá-la.

Já a síntese da presente análise revela até aqui que a evidência da presença do elemento elástico para os alunos se mostra no número de elementos elásticos propostos como hipóteses. No decorrer dos turnos, vê-se que a primeira hipótese apontando esse elemento elástico foi a esponja, mas o teste realizado induziu à descartá-la. A segunda foi a mola, a terceira, o elástico, e, por fim, a liguinha.

Tabela 10 - Frequência de hipóteses sobre a presença de um elemento elástico

<i>Elemento elástico</i>	<i>Frequência de citações</i>
<i>Esponja</i>	2
<i>Mola</i>	53
<i>Elástico</i>	41
<i>Liguinha</i>	28

Na sequência de turnos analisados anteriormente, destaca-se um importante aspecto na forma de análise dos alunos, além do elemento hipotético presente no interior da caixa preta: a posição do elemento, onde estaria na caixa ou com que outro estaria ligado, e isso poderia determinar sua função. No turno T.65, evidencia-se essa nova categoria de questão: “[...] qual é a função do rolete?”, direcionando a atenção à função desses elementos hipoteticamente colocados na estrutura do modelo. Algumas vezes, a colocação da hipótese se deu a partir da função observada, ou seja, o elemento deveria se associar aos correspondentes resultados obtidos, em consequência da manipulação: T.56, “[...] se eu puxo um lado, [o] que *que* faz o outro pular?”. Os dados até estes turnos mostram que os alunos realizaram algumas construções e associaram a outras informações evidentes, tal como as hastes estão unidas, conforme se constatou nos turnos T.28 ao T.40, e havia uma mola, porém um resultado

satisfatório ainda não havia sido construído, por isso, novas questões necessitavam ser trabalhadas.

#### 4.1.5 Quarto episódio – a bicicleta

A partir do turno T.55, os testes das hipóteses ganham maior consistência. Esse fato coincide justamente com o ancorar as considerações sobre analogias com alguma complexidade. O uso de analogia na construção do conhecimento é prática da comunidade científica e vários pesquisadores da área de ensino fazem considerações que essa prática deve estar em sala de aula. Nos turnos T.55 e T.56, os alunos têm a percepção e certeza de que no centro da caixa há um prego. E, no turno T.61, o aluno A2 chama a atenção para as hastes da caixa preta, que são dois ferros.

Quadro 17 – Analogia tendo como referente o mecanismo de uma bicicleta

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
55 08:01	A3: Tem um prego aqui?	A3 [Com o polegar apalpa a cabeça do prego no centro de uma das faces da caixa] T [Atentos à movimentação de A3]	A3: Movimentos epistêmicos A3: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
56 08:04	A2: Pregos? Vai, a gente tem que fazer, ó, se eu puxo um lado, [o] que <i>que</i> faz o outro pular?	A2 [Com todos os dedos das mãos juntos, afasta uma mão e retornando, afasta a outra] A3 [Apalpa, gira, coloca o dedo onde está a cabeça do prego] [Bate os dedos contra a caixa, mas sempre com o olhar fixo para a caixa] A4 e A5 [Olhando para A2 e seus gestos]	A3: Movimentos ergóticos A3: Movimentos epistêmicos A2: Gestos icônicos A2: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
61 08:25	A2: A gente já sabe que são dois ferrinhos.		A2: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual

A aluna A5 selecionou essas e outras informações ao considerar uma nova hipótese no turno T.62: “Ó, aqui tem uma bicicleta.” No decorrer da aula, nota-se que os alunos retomam as várias hipóteses propostas para o mecanismo no interior da caixa, para submetê-las a considerações lógicas com a finalidade de confirmá-las ou rejeitá-las e, nesse episódio, descreve-se a análise hipotético-dedutiva aplicada às considerações desses alunos sobre o mecanismo da caixa ser análogo ao de uma bicicleta.

Essa hipótese foi retomada após a constatação de um eixo no centro da caixa, relatado nos turnos T.55 e T.56. No turno T.55, a mediação ocorre na forma de uma frase interrogativa, na verdade, mais retórica do que interrogativa. A aluna A3 chama os outros para fazerem a mesma constatação, portanto não exige uma resposta negativa, mas positiva. A questão demanda uma interação semelhante, por parte de outro aluno, para afirmar a constatação, mas o mesmo aluno A3 no turno T.56, com movimento epistêmico, enquanto A2 redireciona a atividade ao objetivo (ROTH; LAWLESS, 2002), volta a passar o dedo sobre a cabeça do prego.

A centralidade dos modos semióticos (MARTINS; GOUVÊA; PICCININI, 2005) nesse turno repousam sobre as ações em movimentos e gestos. Foi através das mediações perceptuais, olhando, apalpando e ouvindo, que A5 realizou suas propostas relativas à hipótese. Antes de A5 propor tal hipótese em que compara o mecanismo com o de uma bicicleta, nota-se no turno T.18 a aluna A2, considerando a forma das hastes tendo semelhança a pedais de uma bicicleta.

Quadro 18 – Testes empregando movimentos ergóticos e epistêmicos

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
18 04:50	A2: <i>Pera</i> , Igor. <i>Dá</i> licença, Igor. Gente, oh, <i>roda</i> , ele não roda. Já sabemos que ele é feito de madeira e se eu puxar de um lado estica do outro. Vai desenhando... anotando isso.	A2 e A3 [movimentam as hastes simultaneamente] A2 [tenta imprimir um movimento de rotação nas hastes] T [Olhando para a caixa]	A2 e A3: Movimentos ergóticos A2: Movimentos epistêmicos A2: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual

Quando a aluna A2 afirma “[...] *roda*, ele não roda”. Essa constatação é realizada por A2 com movimentos ergóticos ao manusear a caixa tentando reproduzir nas hastes os movimentos semelhantes aos dos pedais de uma bicicleta. No entanto, essa reprodução é limitada devido à configuração do mecanismo que impossibilita esse grau de liberdade. Portanto, esse movimento também é epistêmico, pois a aluna ao perceber essa limitação desiste de imprimir maior força sobre a haste, visto que isso poderia danificar a caixa preta.

Embora as propriedades relacionadas ao mecanismo de uma bicicleta sejam exploradas a partir do turno T.55, em virtude da percepção de um eixo, o prego, essa analogia material (HESSE, 1972) foi inferida pela aluna A2, no turno T.18, quando procurou simular o pedalar de uma bicicleta com as hastes da caixa preta.

Quadro 19 – Transição entre modos semióticos

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
62 08:38	Ah... tá ligado... não tem uma bicicleta? A bicicleta não tem uma corrente?  Não tem um rolete? É o rolete. Ó, aqui tem uma bicicleta  Esse aqui é onde a corrente passa, entendeu? Tem um rolete ali dentro	A5 [Após ouvir o som emitido ao mover as hastes, ela inicia seu relato. A posição de suas mãos é em forma de conchas, como se segurasse alguma coisa no meio, e com a mão direita faz um movimento giratório simulando a corrente girando na coroa A5 [com o dedo indicador, novamente faz o movimento de rotação] A4 [move as hastes com a caixa próximo ao ouvido] A5 [durante o “Ó”, a aluna toma um lápis e desenha um círculo e uma linha em zigue-zague, como a corrente] A5 [Aponta para a caixa]	A4: Movimentos ergóticos A4 e A5: Gestos dêiticos A5: Gestos icônicos A5: Linguagem verbal cotidiana A5: Analogia material T: Atenção à imagem visual A5: Atenção à imagem pictórica

Quando propõe a hipótese que o esquema no interior da caixa preta seja análogo ao de uma bicicleta, a aluna A5 lista os elementos que julga estarem presentes em uma bicicleta. Considera e propõe que haja um rolete com funcionamento semelhante ao da coroa que traciona uma corrente em uma bicicleta (T.55), e procura relacionar os elementos da caixa com os do mecanismo da bicicleta. A percepção da necessidade de construir correspondências das partes do modelo elaborado com o modelo tomado em sua analogia mostra uma atitude correta no uso de modelos e na maneira de se fazer analogias. Ela demonstra possuir essa habilidade, da busca dos limites da correspondência com o modelo, e isso é necessário na construção do conhecimento científico, apontado por Tweney (2011) como uma necessidade de se desenvolver também no ensino de ciências.

A linguagem verbal empregada pela aluna não a satisfaz quanto ao entendimento de suas colocações nesse turno, e precisou lançar mão de outras linguagens, ou outros gêneros de linguagem, para possibilitar a mediação com os interlocutores sobre sua concepção nesses turnos. No afã de ter sucesso na comunicação, ou seja, procurando comunicar suas ideias, imersa na carga emocional da atividade prática, tendo que, em algumas ocasiões disputar o direito à fala, quando dois ou três elementos do grupo desejavam falar, embora esta aluna A5 tenha prevalecido nesta disputa, em várias ocasiões, teve dificuldade de se expressar apenas com o seu conhecimento de linguagem verbal. Embora empregasse a linguagem do cotidiano,

faltaram-lhe termos para descrever o mecanismo de tração da bicicleta a ponto de empregar no lugar de coroa, a roda dentada junta ao pedivela e aos pedais de uma bicicleta a palavra “rolete”. Os segundos tensos sem esboçar qualquer fala para uma confirmação por parte dos demais integrantes do grupo a faz recolocar suas expressões em linguagem verbal, mas agora tendo em cooperação o modo gestual (MÁRQUEZ, IZQUIERDO; ESPINET, 2003). Com gestos icônicos, A5 representa a coroa, em suas palavras o rolete, quando fecha a mão esquerda; e com outro gesto icônico, aponta e movimenta o dedo da mão direita, passando ao redor da mão esquerda, simulando o movimento da corrente ao redor da coroa (ROTH; LAWLESS, 2002). Em uma fração de segundo dentro deste mesmo turno, A5 não se satisfaz com o fato dos demais membros do grupo já a tivessem compreendido. Ela reafirma que na caixa há uma bicicleta, e reconstrói sua fala empregando, então, um desenho para complementar sua afirmação. No qual desenha uma circunferência e uma linha passando ao redor, na forma de zigue-zague, semelhante à configuração de uma corrente ao redor da coroa em uma bicicleta.

Um aluno de Ensino Médio certamente tem vocabulário suficiente para descrever o mecanismo de tração da corrente de uma bicicleta, mesmo com linguagem do cotidiano, sem empregar palavras como pedivela ou coroa. Algumas pesquisas têm mostrado que desenhos têm sido empregados espontaneamente pelos alunos quando faltam termos para completar seus argumentos (BARBOSA-LIMA e CARVALHO, 2003). Nesse caso, não é a falta de termos da língua, ou de ciência, que a conduziu a empregar outros modos semióticos para efetivar sua comunicação. Havia a disputa pela palavra – muitas vezes eles disputaram o direito à fala – e havia a ansiedade de completar sua comunicação sem interrupção – várias hipóteses foram colocadas no decorrer dos primeiros turnos –, mas, na dinâmica das discussões, cada aluno propôs uma hipótese, e isso impossibilitou inicialmente considerações em torno de cada colocação, quando essas colocações foram retomadas no transcorrer da aula. Também havia a necessidade de que a ideia fosse acatada pelo grupo – a forma de proposição deveria ter expressão suficientemente convincente para ser aceita, uma espécie de força na proposição, e para isso essa aluna, A5, empregou vários modos semióticos (linguagem verbal, gestos e desenho) no turno anterior, T.62.

Quadro 20 – Empregando representações gestuais icônicas

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
T. 63 09:01	A2: E qual <i>que</i> é a função do rolete?	A2 [A mão esquerda fechada, como se fosse um cilindro passa o indicador ao redor da mão em um movimento	A2: Gestos icônicos A2: Linguagem verbal cotidiana

		circular] A3, A4 e A5 [Olhando para o desenho]	A2: Analogia material A2: Atenção à imagem visual A3, A4 e A5: Atenção à imagem pictórica
T. 64 09:02 A4	A4: Isso aqui.	A5 [gira as duas mãos simulando o movimento de pedalar] A4 [apontando para o desenho]	A4: Gestos dêiticos A5: Gestos icônicos A4: Linguagem verbal cotidiana A5: Analogia material T: Atenção à imagem visual A4: Atenção à imagem pictórica
T. 65 09:03 A5	A5: Quando você pedala e o...	A5 [gira as duas mãos simulando o movimento de pedalar]	A5: Gestos icônicos A5: Linguagem verbal cotidiana A5: Analogia material T: Atenção à imagem visual
68 09:38	A4: Não tem como eu saber o que <i>que</i> tem aqui dentro, mas que diacho!	A4 [Manuseando as hastes] T [No decorrer deste turno, todos dirigem a atenção à caixa]	A4: Movimentos ergóticos A4: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual

A aluna A2, logo no turno seguinte, T.63, apresenta a necessidade de uma justificativa para essa concepção ao questionar a função da peça denominada rolete pela aluna A5. Faz isso empregando um gesto dêitico (ROTH; LAWLESS, 2002) apontando o desenho, o elemento que ela estava questionando a razão de tê-lo. Embora o questionamento seja dúvida, representa também oposição, e ganha pertinência e propriedade ao desviar-se de opor-se, simplesmente, mas solicitar uma explicação plausível sobre a existência de um “rolete”, no centro da caixa.

Nos momentos desse episódio, embora de grande relevância, para desvendar como os alunos estavam estruturando suas considerações, aproximou-se o professor e por dois turnos parecia que ocorreria um distanciamento do problema, mas, logo no turno T.68, os debates continuam. Ter em mãos a caixa preta e os esboços do desenho foram alguns dos elos que mantiveram parte do grupo concentrado durante essa sequência de turnos (T.65 ao T.68), além do problema, do desafio. Havia uma questão a ser solucionada, e o grupo, de forma geral, estava envolvido para dar uma resposta. Essa presença do problema, do desafio, deve ser propiciada em cada atividade, também em toda aplicação de uma sequência didática. Certamente, a resposta do aluno poderá tender ao “fazer escola”, porém a caixa preta bem como outras atividades podem superar expectativas de alunos, moldando suas concepções de ciências, envolvendo-os no prazer de “fazer ciência”, ainda que ciência escolar.

No turno T.69, o aluno A3 insere uma palavra de cunho tecnológico em substituição ao termo “rolete”. Sua expressão denota que, para ele, até esse momento o termo empregado não era conveniente: “Acho que eu entendi o que ela quis dizer, é *meio que* assim, como se fosse uma engrenagem”. O termo passa do enquadrado de uso da linguagem do cotidiano para uso da linguagem científica. Engrenagem é um termo especializado de mecânica, mais especificamente de elemento de máquinas, e, embora um grande número de pessoas conheça essas peças, seu conhecimento é inicial, geralmente, por volta da idade desses alunos, alunos de Ensino Médio.

A inserção desse termo, “engrenagem”, traz consigo as características peculiares de funcionamento desse elemento de máquinas. O aluno A3, nesse mesmo turno, T.69, procura inicialmente desenhar as engrenagens, enquanto faz sua colocação, mas logo emprega um gesto icônico (ROTH; LAWLESS, 2002) quando diante de seu corpo, com as mãos abertas e os dedos entrelaçados, simula a rotação de duas engrenagens. Ele descreve como ocorre o movimento: “aí por exemplo, se essa parte descer, a outra também desce, porque vai encaixando”. A persistência na manutenção desse debate se dá pelo fato da incongruência das considerações com um entendimento do funcionamento do mecanismo da caixa.

Figura 12 – Fotografia dos alunos simulando o encaixe dos dentes de uma engrenagem



Essa fotografia dos dedos entrelaçados, em um gesto icônico, representando o movimento que hipoteticamente ocorre com as hastes, segundo o aluno A3, tem conotação de uma representação matemática, uma vez que o número de dedos, de dentes, das engrenagens simuladas, é o mesmo nas duas mãos, e, portanto, os deslocamentos das hastes ocorrem obedecendo uma relação 1:1; à medida que uma haste se desloca um centímetro, a outra também se desloca um centímetro. Embora esses alunos tenham representado gestualmente,

não fizeram menção a essa relação, mas isso não é tão intuitivo, além de, para observações mais apuradas, demandarem maior intervalo de tempo. Na história da ciência, encontra-se Faraday fazendo representações pictóricas das linhas de campo e, posteriormente, Maxwell atribuiu às anotações de Faraday o caráter matemático representando o fenômeno em equações (TWENEY, 2011).

Quadro 21 – A analogia com o acoplamento de engrenagens

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
69 09:42	Acho que eu entendi o que ela quis dizer, é <i>meio que</i> assim, como se fosse uma engrenagem.	A3 [desenha durante se expressão verbalmente “é <i>meio que</i> assim, como se fosse uma engrenagem”] T [Olhando A3 iniciar o desenho]	A3: Gestos icônicos A3: Linguagem verbal cotidiana A3: Linguagem verbal científica Analogia material A3: Analogia material T: Atenção à imagem pictórica
70 09:42	ai, por exemplo, se essa parte descer, a outra também desce, porque vai encaixando.	A3 [gesticula girando as mãos, intercalando os dedos, simulando os dentes de uma engrenagem] T [Observam o gesto de A3]	A3: Gestos icônicos A3: Linguagem verbal cotidiana A3: Analogia material T: Atenção à imagem visual

Nos três turnos que se seguem, T.71, T.72 e T.73, respectivamente as três alunas, A5, A4 e A2, fazem oposição parcial às colocações de A3. Apesar de não reprovarem que haja uma engrenagem, consideram inapropriado o funcionamento descrito por A3.

Quadro 22 – Refutações na analogia empregada

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
71 09:50	Mas se essa, se faz diferença uma vai <i>pro</i> lado e outra vai <i>pro</i> outro.	A5 [repete os movimentos de A3 e acrescenta com seus gestos que há movimento para os dois lados da caixa]	A5: Gestos dêiticos A5: Gestos icônicos A5: Linguagem verbal cotidiana A3: Analogia material T: Atenção à imagem visual
72 09:54	Não, mas como que vai ser isso?	A4 [chama a atenção visual para a caixa]	A4: Gestos. dêiticos A4: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
73 09:58	Não, mas é que assim ele puxa [...] essa parte vai <i>tá</i> rodando pra lá.	A4 [manuseia a haste da caixa] A2 [movimenta a mão direita para indicar que uma pessoa, ao puxar para a direita uma das hastes, a mão esquerda indica movimento da outra haste para o	A4: Movimentos ergóticos Movimentos epistêmicos A2: Gestos dêiticos A2: Gestos icônicos

		lado oposto] A235 [olham os gestos] e A4 [manuseia e olhando para a caixa]	A2: Ling. verbal cotidiana A5: Analogia material T: Atenção à imagem visual
--	--	---	---

Essas alunas compreendem que os gestos têm correspondência com movimento das hastes, mas algum item não está representado corretamente, ou seja, há itens em que a correspondência não está evidente. Enquanto a aluna A5 contesta (T.71) apoia seu discurso com gestos icônicos, reproduzindo os gestos de A3, a aluna A4 apenas chama a atenção para a caixa (T.72), e A2 emprega gestos dêiticos para reforçar sua posição, sendo que, no turno T.75, recorre a movimentos ergóticos para demonstrar a contrariedade, presente na colocação de A3.

O debate nesses turnos, do turno T.69 ao turno T.74, desenvolveu-se em torno da orientação de movimentos das hastes e na probabilidade de no interior da caixa preta existir um mecanismo semelhante a engrenagens. Embora as colocações iniciais de A3 tenham sido justificadas com gestos icônicos, isso foi salutar, pois é próximo à imagem formada dos dedos entrelaçados com a imagem do movimento, de dentes de uma engrenagem, quando o debate passou a se centrar na orientação das hastes, os gestos icônicos de A3 e de A5 foram substituídos por movimentos ergóticos empregados por A2, mais representativos, caracterizando melhor o possível movimento das hastes. E, se havia dúvida sobre a fala dessa aluna, ela lançou mão da caixa preta e passou do gesto dêitico para o movimento ergótico, demonstrando sua concepção e colocando ênfase em seu discurso, inclusive na modulação da voz.

No turno T.76, a aluna A5 rejeita a ideia de pedais, e, portanto, de analogia material (TWENEY, 2011) com o mecanismo de uma bicicleta no interior da caixa preta. Ela traz à bancada o relógio da aluna A4 e faz gestos dêitico e icônico (ROTH; LAWLESS, 2002): icônico porque o dedo indicador simula a rotação de um ponto, na periferia de um disco; e dêitico (ROTH; LAWLESS, 2002) porque indica a orientação de rotação e aponta onde se encontra o “negócio, que fica girando”. O aluno A3 com ênfase na voz afirma: “A3 – São as engrenagens” ao que A5 confirma e reforça: “A5 – São assim, as engrenagens.” A aluna A5 havia desvendado a configuração de um sistema de engrenagem que poderia estar de acordo com o movimento observado nas hastes da caixa preta, embora tenha mostrado dificuldade para manter suas colocações em linguagem científica.

Sob o prisma do desenvolvimento do raciocínio lógico, hipotético-dedutivo no decorrer dos turnos em que se considerou a analogia com o mecanismo de uma bicicleta, do turno T.69 ao turno T.89, vê-se:

T.62	<b>Se...</b> “aqui tem uma bicicleta” [hipótese]
T.62	“É o rolete.”
T.65	“... ‘é’ como se fosse uma engrenagem.”
T.65	<b>E...</b> “Quando você pedala e o...” [teste planejado – simular os movimentos observáveis no ato de pedalar] <b>Então...</b> <b>E...</b> A5 [gira as duas mãos simulando o movimento de pedalar.] [teste executado]
T.70	<b>E...</b> “aí, por exemplo, se essa parte descer, a outra também desce, porque vai encaixando.” [teste planejado – simular os movimentos observáveis no encaixe dos dentes de uma engrenagem] <b>Então...</b> <b>E...</b> A3 [gesticula girando as mãos, intercalando os dedos, simulando os dentes de uma engrenagem.] [teste executado]
T.71	<b>Então ...</b> “uma vai <i>pro</i> lado e outra vai <i>pro</i> outro.” A5 [repete os movimentos de A3 e acrescenta com seus gestos que há movimento para os dois lados da caixa] [resultado esperado]
T.73	“Não, <b>mas</b> é que assim, ele puxa, essa parte vai <i>tá</i> rodando pra lá.” A2 [movimenta a mão direita para indicar que uma pessoa está puxando para a direita e com a mão esquerda indica movimento para o lado oposto.] [resultado esperado]
T.74	<b>Mas...</b> “puxa de um lado, aí essa vai se mover. Essa se movendo, a outra também se move.” A3 [repete o gesto de dedos entrelaçados como dentes de uma engrenagem]
T.75	<b>Mas...</b> “Aí a outra teria que vir pra dentro.” A4 [mostrando a caixa e empurrando a haste opõe-se aos sentidos dos movimentos propostos por A3, inclusive na ênfase apresentada na voz] [resultado encontrado]
[Implícito]	<b>Portanto...</b> não seria como as engrenagens. [conclusão]

O argumento tornou-se mais robusto, com várias colocações reforçando cada elemento na estrutura “se/então/portanto”, e não houve apenas diversas colocações, mas vários alunos participando efetivamente do argumento construído. Eles construíram um argumento com colocações de suas concepções sobre o mecanismo da caixa preta tendo correspondência analógica com sistemas de engrenagens. Partiram das considerações sobre o sistema de pedais de uma bicicleta, mas a expressão gestual icônica de dedos entrelaçados, no turno T.70, orienta o foco dos discursos para os sentidos dos movimentos das hastes sob a premissa de um mecanismo com semelhança ao acoplamento de duas engrenagens em diferentes eixos, e abandonou-se a outra possibilidade inicial de correspondência analógica com a coroa e pedivela de uma bicicleta.

Os alunos, a partir dos resultados observados, não declaram verbalmente uma conclusão de que o mecanismo no interior da caixa tenha semelhança com o funcionamento

de engrenagens nem que os resultados encontrados induzem à conclusão negativa, que não se trata de engrenagens. Os alunos optam, então, por reafirmarem a hipótese e procuram retomar os testes, mas agora focando na analogia, as partes de uma bicicleta.

T.78	<b>Se...</b> são engrenagens
T.82	“... aquele negócio da bicicleta que você pedala.” [hipótese]
T.86	<b>E...</b> você vai pedalar... [teste planejado]
T.87	“ <b>Então</b> , seria assim, ó A4 e A5 realizam gestos de rotação vertical com os dedos, simulando o ato de pedalar. [resultado esperado]
T.89	<b>Mas...</b> isso aqui <i>tá</i> ao contrário [resultado observado]
T.88 e T.90	<b>Portanto...</b> Rodar ela não roda em vez dela rodar, ela... A4 Puxa e empurra as hastes [conclusão]

O resultando observado toma por consideração a analogia da corrente com as hastes, como já descrito em alguns turnos pelos alunos, o que os conduziu a uma rejeição dessa hipótese. Se esses alunos persistissem em procurar esgotar as correspondências do objeto estudado ao referendo analógico, poderiam perceber que o sistema pedivela proporciona boa correspondência ao movimento das hastes, se considerassem as hastes junto aos pedais e não à corrente.

Nos dois blocos do desenvolvimento hipotético-dedutivo (LAWSON, 2002; 2004) das ideias propostas, nota-se a inter-relação entre o emprego da linguagem verbal associada ao apelo visual. Os alunos utilizam movimentos e gestos constantemente nas colocações de suas concepções. No segundo bloco do argumento construído nesse episódio, em que se analisou a hipótese analógica tendo como referência engrenagens de uma bicicleta, o apelo visual, além da atenção demandada para os gestos, foi direcionado em alguns turnos para os desenhos esboçados pelos alunos:

Quadro 23 – Demanda de atenção visual às representações pictóricas

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
80 10:23	A2: Então desenha aí.	A4 [Apalpando a caixa a caixa] A3 [esboça iniciar o desenho] T [todos atentos a quem irá desenhar A3]	A4: Movimentos epistêmicos A3: Gestos icônicos A2: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem pictórica
81 10:26	A4: Mas que diabo tem aqui dentro?	A4 [Apalpando a caixa a caixa] A4 [Aperta a caixa, olhando fixamente para ela.] – [“aqui” é dêitico] T [Atentos ao movimento de A4, Porém, A3 mantém mais tempo focado no desenho]	A4: Movimentos epistêmicos A4: Gestos dêiticos A3: Gestos icônicos A4: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual A3: Atenção à imagem pictórica
82 10:24	Faz <i>e</i> aquele negócio da bicicleta que você	A5 [Movimenta os ombros, braço e com a mão, simula as	Gestos dêiticos A5: Gestos icônicos

	pedala?	rotações do pedalar] A3 [Desenhando]	A5: Linguagem verbal cotidiana Linguagem verbal científica A5: Analogia material T: Atenção à imagem pictórica
83 10:27	A2: Ai, só que você coloca os ferrinhos. Você coloca dois e os ferrinhos na ponta.	A2 [Gesticula que os dois ferrinhos terão orientações do centro para fora da caixa, e gesticula a forma das engrenagens que estariam no centro] A3 [Está desenhando] T [Estão atentos aos movimentos gestuais e ao desenhar]	A2 e A3: Gestos icônicos A2: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual T: Atenção à imagem pictórica
84 10:34	A5: Isso. Ai, <i>péra</i> aí. Aqui, ó, aqui na bicicleta fica o pedal e do outro lado fica outro pedal. E aqui, ó, aqui em volta passa a corrente, entendeu?	A5 [realiza alguns traços no desenho, mas A3 assume a lapiseira e passa a usá-la para apontar traços no desenho] T [Atentos ao desenho sendo rascunhado na carteira]	A3: Gestos dêiticos A3 e A5: Gestos icônicos A3: Linguagem verbal cotidiana A5: Analogia material T: Atenção à imagem pictórica
85 10:51	A3: Vai pedalando ela vai indo <i>pra</i> frente.	A3 [Utiliza a lapiseira para apontar no desenho e simular as rotações da suposta engrenagem – até com a cabeça ele realiza pequena rotação, acompanhando a ponta da lapiseira] T [Todos estão atentos aos gestos sobre o desenho]	A3: Gestos dêiticos A3: Gestos icônicos A3: Linguagem verbal cotidiana A3: Analogia material T: Atenção à imagem visual T: Atenção à imagem pictórica

Na segunda etapa desse episódio, os alunos mudaram a forma de interação com as ideias em construção, voltando-se, então, para os rascunhos e não teceram justificativas para essa ação. Não se tratava do desenho final, mas foi elaborado para análises, debates e comunicações de ideias dentro do grupo.

Essa transição esboçada de afastar-se do objeto material e aproximar-se de uma representação modelada é essencial na construção da abstração. Aos poucos, vai surgindo outro objeto de conhecimento. Se o primeiro é material em toda sua essência, a caixa preta, é do professor, o segundo, por sua vez, material-intelectual é produto dos alunos. Eles têm a autoria e, portanto, a propriedade intelectual, logo, nele, no desenho, os alunos têm autoridade para modificá-lo, para fazer todas as intervenções julgadas necessárias à adequação para atender ao problema proposto. Essa transição confere a aquisição de outra caixa preta pelos alunos, a caixa que eles elaboraram na construção do modelo do mecanismo.

Dos turnos T.71 2 T.72, e depois de T.80 ao T.85, os alunos se detêm a recapitular suas concepções, ditando o que deveria estar presente no desenho. Nesses turnos, são

repetidas várias falas já anteriormente ocorridas, enquanto traços são incorporados ao desenho.

#### 4.1.6 Quinto episódio – a mola

Com a estrutura do debate melhor elaborada devido às novas classes de perguntas que passaram a estar presentes no diálogo: sobre a função de cada hipótese sugerida e sobre a posição em que esses novos elementos devem estar acoplados, os alunos retornam à análise de algumas de suas hipóteses. No turno T.92, a aluna A4 recoloca sua hipótese de que no interior da caixa preta havia uma mola. Os debates, embora destituídos de justificativas, continuam até o turno T.100. No turno T.101, a aluna A5 propõe que existam uma engrenagem e também uma mola. A colocação da aluna A4, no turno T.102, sofreu refutação porque A4 julgou improvável colocar uma mola na caixa. A hipótese de presença da mola precisava ser colocada em pauta, isto é, tratá-la como ideia central nas discussões para validá-la ou refutá-la. A hipótese de que uma mola faria parte do mecanismo no interior da caixa preta aparece quatorze vezes, em doze turnos, até aparecer uma questão para debate, que considerasse essa hipótese, no turno T.112. Em sete turnos aparece a possibilidade de que as características julgadas associadas à mola não necessariamente constituiriam uma mola, mas um elástico; e em um desses turnos (T.45) cogitou-se que poderia ser uma mola e um elástico.

O quadro a seguir mostra a presença dessa ideia nos discursos dos alunos, no transcorrer da aula, até chegar aos turnos em que as considerações por eles colocadas possibilitaram uma análise do raciocínio hipotético-dedutivo. Cada turno ocupa um parágrafo, e as separações em linha dupla separam as sequências de turnos em blocos.

Quadro 24 – Proposição da mola como hipótese

TURNO TEMPO	FALA
33 06:27	A2: Ela faz um barulho quando você mexe, então eu acho que não é uma esponja, porque se não.
34 06:31	A5: É um elástico ou uma mola.
35 06:34	A2: Mas por que será que quando você puxa um lado o outro também estica?
36 06:37	A3: É por causa do elástico.
37 06:42	A5: Por causa do elástico, é o mesmo...
43 07:01	A5: Um elástico.
44	A4: Mas se fosse um elástico puxaria só um lado, não esticaria o outro.

07:04	
45 07:13	A5: Pode ser um elástico e uma mola.
46 07:18	A3: Agora como ilustrar isso... vai anotando aí, elástico, mola.
47 07:28	A2: Anotei aqui, ele é feito de madeira, quando puxa um lado o outro também estica, ele tem uma mola ou um elástico.
60 08:28	A4: Eu acho que é uma mola.
92 11:18	A4: Eu ainda acho que é uma mola.
100 11:57	A4: É uma mola.
101 11:58	A5: É uma mola com isso daqui. É uma mola com essa engrenagem aqui, só pode.
102 12:06	A4: Não tem como colocar uma mola nesse trem aqui, Evelin.
111 13:34	A5: Aí tem uma mola. Tem uma engrenagem e uma mola.
112 13:38	A2: Qual é a função da mola?
113 13:40	A5: É, qual é a função da mola? Não, do elástico.
114 13:44	A3: Só funciona se eu puxar, se eu empurrar o outro lado <i>meio que</i> não move. Só se você puxar que sente aqui. Acho que é mesmo a liguinha [de] que você falou.
117 14:06	A4: E a mola vai <i>tá</i> onde?
118 14:13	A5: Eu <i>tô dando</i> a ideia. É a ideia. É a ideia, <i>tô dando</i> a ideia.
119 14:20	A4: <i>Tá</i> , mas aí tem que... tem que dar a ideia baseado nisso aqui.
120 14:24	A2: A gente ainda não entendeu o que empurra o negócio pra lá.
121 14:26	A4: É a mola.
122 14:30	A2: Mas a mola, se a mola <i>tá</i> aqui, tipo, se tiver uma mola mesmo, se você puxar, a mola vai diminuir, tipo, se ela tiver presa na mola, tipo, a mola <i>tá</i> reta, se você puxar, a mola diminui ou ela estica. Vou pegar informações. [A relação de proporcionalidade expressa um raciocínio matemático]
123 15:04	A4: É uma mola.
127 16:28	A2: Puxo e solta isso aí pra gente ver se tem uma mola mesmo.
128 16:32	A5: Uma mola tem, tenho certeza.
129 16:35	A2: Uma mola ou um elástico?
145 18:55	A4: Aí tem uma mola. Quando você fosse puxar a mola pra cá, tenderia pra cá.
146 19:05	A3: Não, mas, se você for puxar um lado da mola, só um lado vai esticar, o outro lado vai ficar intacto. Precisa de mais alguma coisa pra hora que puxar empurrar a outra parte e a mola esticar por completo, que aí os dois lados esticavam.
148 19:28	A5: <i>Tá</i> , mas a mola...
149 19:32	A2: Agora a gente tem que saber <i>pra que que</i> a mola serve.
150 19:35	A5: <i>Tá</i> , a mola você puxa de um lado, isso daqui <i>tá</i> indo pro outro lado. Não faz sentido não. Ó, esse vai <i>pra</i> esse lado, mas esse... a mola... isso aqui, quando você puxar a mola, a

	mola vai <i>pro</i> mesmo lado, mas aqui vai <i>pra</i> este lado aqui.
152 20:02	A5: Faz muito sentido, mas esse negócio da mola que não <i>tá</i> fazendo sentido.

Outras dezenove vezes e em dez turnos a palavra mola apareceu, entre os turnos T.114 e T.152. Encontra-se, a partir do turno T.103, a aluna A2 levantando uma questão que permitiu o início das conjecturas hipotético-dedutivas, para aceitar ou refutar a existência de uma mola no interior da caixa preta. Escolheram-se os turnos do quadro a seguir em que se destacam três aspectos importantes, notável também em outros turnos desse episódio. O primeiro é a formulação de uma questão, no turno T.112, que regeu o teste para as hipóteses: “Qual é a função da mola?”.

Quadro 25 – Uma nova classe de questões

TURNO TEMPO	FALA	AÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
111 13:34	Aí tem uma mola. Tem uma engrenagem e uma mola.	A3 [movimenta as hastes da caixa] A5 [movimenta o dedo indicador como em uma régua, uma forma de marcação de compasso de suas falas, que marca os dois elementos por ela citados]	A3: Movimentos ergóticos A3: Movimentos epistêmicos A5: Gestos icônicos A5: Linguagem verbal cotidiana A5: Analogia material A3: Atenção à imagem visual
112 13:38	A2: Qual é a função da mola?	A3 [movimenta as hastes da caixa] A2 [com o dedo realiza gestos icônicos simulando as espiras de uma mola]	A3: Movimentos ergóticos A3: epistêmicos A2: Gestos icônicos A2: Linguagem verbal cotidiana A2: Analogia material A3: Atenção à imagem visual
113 13:40	A5: É, qual é a função da mola não, do elástico.	A3 [movimenta as hastes da caixa]	A3: Movimentos ergóticos A3: Movimentos epistêmicos A5: Linguagem verbal cotidiana A5: Analogia material A3: Atenção à imagem visual

O elemento, então, hipoteticamente colocado no modelo de caixa dos alunos, deveria atender a um efeito causal, pois deve ser justificada sua presença. Um segundo aspecto relevante nesses turnos é o fato de a questão ter sido suscitada dentro do grupo. A questão é autêntica, desenvolvida pelos alunos e não uma imposição ao trabalho desenvolvido nessa atividade. Por outro lado, ela caracteriza o trabalho de investigação dos alunos. O problema está presente, nesse momento em outra forma, mas está em evidência. O terceiro aspecto a se considerar é a manipulação incessante da caixa pelo aluno A3. Estando à disposição para

manuseio, A3 aproveita ao máximo a oportunidade de manipulação, o que é considerado por Roth e Lawless (2002) importante para a emergência da linguagem científica.

No turno T.114, o aluno chama a atenção para os efeitos causais associados à manipulação e considera a presença de um elemento elástico, e que poderia ser o elástico (a liguinha) proposto anteriormente. O aluno A3 percebe a distinção entre o movimento de empurrar e de puxar.

Quadro 26 – Testes relacionados ao elástico

TURNO TEMPO	FALA	AÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
114 13:44	Só funciona se eu puxar, se eu empurrar o outro lado <i>meio que</i> não move. Só se você puxar que sente aqui. Acho que é mesmo a liguinha [de] que você falou.	A3 [movimenta as hastes da caixa. Primeiro puxa e depois empurra. Posteriormente, aponta para a aluna A5] A3, A4 e A5 [Olhando os movimentos produzidos por A3]	A3: Movimentos ergóticos A3: Movimentos epistêmicos A3: Linguagem verbal cotidiana A3, A4 e A5: Atenção à imagem visual

O aluno trabalha com a hipótese de existência de um elemento elástico no interior da caixa, uma mola ou um elástico, e deixa claro qual o teste planejado e realizado. No teste, emprega movimentos ergóticos manipulando a haste, mas também epistêmicos, que se notam no comentário do resultado esperado: “Só se você puxar que sente aqui”. Foi com interação manipulativa que esse aluno construiu o argumento hipotético-dedutivo, levando a concluir a presença desse elemento na caixa preta.

T.111	<b>Se...</b> Aí tem uma mola [hipótese]
T.114	<b>E...</b> se eu puxar... [teste planejado]
T.114	<b>Então...</b> funciona... [resultado esperado]
T.114	<b>E...</b> Só se você puxar que sente aqui [resultado observado]
T.114	<b>E...</b> se eu empurrar... [teste planejado]
Implícito	<b>Então...</b> não funciona
	<b>E...</b> o outro lado <i>meio que</i> não move [resultado observado]
	<b>Portanto...</b> é mesmo a liguinha [conclusão]

Esses dados mostram também nesses turnos uma estrutura para a formação da conclusão com o “teste planejado”, e outro teste, que propicia outras considerações. Se ao puxar funciona, ao empurrar ocorre outra coisa, que o aluno A3 não se atreveu a declarar um possível “resultado esperado”, o “então”, e realizando o teste observou que o outro lado não se moveu, concluindo que o elemento elástico na caixa é a “liguinha”. O aluno A3, neste turno, construiu praticamente uma estrutura completa de raciocínio, como se evidencia no enquadramento hipotético-dedutivo (LAWSON, 2002; 2004).

A aluna A4 torna a propor o problema central desse episódio, T.115; ela não rejeita a conclusão de A3, mas propõe que o trabalho do grupo se oriente por uma nova questão: “Mas como que vai ter uma liguinha aí pra fazer esse troço?”. Embora tenham ocorrido várias aquisições na estrutura da investigação desses alunos, o que se observa no caráter das reformulações do problema pelo grupo em sua maneira de análise é que passaram das percepções iniciais, em relação ao objeto, para o início dos debates, tomando as representações por eles rascunhadas, e, por fim, para uma estrutura mais robusta do argumento hipotético-dedutivo. Porém, no turno T.120, a aluna A4 deixa claro que o problema ainda não havia sido resolvido pelo grupo. “A gente ainda não entendeu o que empurra o negócio *pra* lá.”

Quadro 27 – Procurando relação causal

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
114 13:44	A3: Só funciona se eu puxar, se eu empurrar o outro lado <i>meio que</i> não move. Só se você puxar que sente aqui. Acho que é mesmo a liguinha [de] que você falou.	A3 [movimenta as hastes da caixa. Primeiro puxa e depois empurra. Posteriormente aponta para a aluna A5] A3, A4 e A5 [Olhando os movimentos produzidos por A3]	A3: Movimentos ergóticos A3: Movimentos epistêmicos A3: Linguagem verbal cotidiana A3, A4 e A5: Atenção à imagem visual
115 13:53	A4: Mas como que vai ter uma liguinha aí pra fazer esse troço?	A3 [movimenta as hastes da caixa] A4 [gesticula com a mão – marcação de compasso na fala – vai e vem no ar] T [Estão atentos ao manuseio da caixa por A3.]	A3: Movimentos ergóticos A3: Movimentos epistêmicos A4: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
116 14:03	A5: Calma, aqui <i>tá</i> um fio,	A3 [Movimenta as hastes da caixa] T [Estão atentos ao manuseio da caixa por A3.] A5 [Esboça desenhar] A2, A3 e A5 [Olham o esboço de desenho iniciado por A5]	A3: Movimentos ergóticos A3: Movimentos epistêmicos A5: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual A2, A3 e A5: Atenção à imagem pictórica
117 14:06	A4: E a mola vai <i>tá</i> onde?	A3 [Movimenta as hastes da caixa] T [Estão atentos ao manuseio da caixa por A3.] A5 [Para de desenhar para olhar fixamente para A4]	A3: Movimentos ergóticos A3: Movimentos epistêmicos A4: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual A5: Atenção à imagem pictórica
118 14:13	A5: Eu <i>tô</i> dando a ideia. É a ideia. É a ideia, <i>tô</i> dando a ideia.	A3 [Movimenta as hastes da caixa] A2 e A3 [Atentos à movimentação da caixa promovida por A3]	A3: Movimentos ergóticos A3: Movimentos epistêmicos A5: Linguagem verbal cotidiana A3: Atenção à imagem visual
119 14:20	A4: <i>Tá</i> , mas aí tem que... tem que dar a ideia baseado nisso aqui.	A3 [movimenta as hastes da caixa]	A3: Movimentos ergóticos A3: Movimentos epistêmicos A4: Linguagem verbal cotidiana

			A3: Atenção à imagem visual
120 14:24	A2: A gente ainda não entendeu o que empurra o negócio <i>pra</i> lá.	A3 [movimenta as hastes da caixa] A2 [Com gesto dêitico, movimenta a mão em analogia com o movimento das hastes] T [Estão atentos aos movimentos e gestos de A2 e A3]	A3: Movimentos ergóticos A3: Movimentos epistêmicos A2: Gestos. dêiticos A2: Ling. verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual

Após A5 declarar ter certeza de que na caixa há uma mola, a aluna A2 no turno T.122 passa a fazer considerações sobre a existência dessa hipotética mola no interior da caixa. Ela faz algumas suposições, mas percebe que lhe faltam dados, conhecimentos, ou outras hipóteses para chegar a uma conclusão. Contudo, apresenta em forma interrogativa um aspecto importante sobre a posição da mola, o comportamento de tração ou de compressão: “a mola *tá* reta, se você puxar a mola, diminui ou ela estica?”.

Quadro 28 – A necessidade de completar um argumento

TURNNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
122 14:30	Mas a mola, se a mola <i>tá</i> aqui, tipo, se tiver uma mola mesmo, se você puxar, a mola vai diminuir, <i>tipo</i> , se ela tiver presa na mola, tipo, a mola <i>tá</i> reta, se você puxar, a mola diminui ou ela estica? Vou pegar informações. [A relação de proporcionalidade expressa um raciocínio matemático]	A3 [Movimenta as hastes da caixa] A2 [Fecha a mão direita, “a mola <i>tá</i> aqui” e com a mão esquerda simula puxar a extremidade da hipotética mola] A3 [Movimenta as hastes da caixa, mas agora debruçado sobre ela, encostando o ouvido na caixa] T [A atenção visual se divide entre os gestos de A2 e a manipulação de A3]	A3: Movimentos ergóticos A3: Movimentos epistêmicos A2: Gestos dêiticos A2: Gestos icônicos A2: Linguagem verbal cotidiana A2: Analogia material T: Atenção à imagem visual

Enquanto A3 realiza movimentos ergóticos, deslocando as hastes da caixa preta, procurando ver seus efeitos e ouvir os sons dela provenientes e, por isso, esses movimentos são também epistêmicos, as mediações de A2 com as ideias sobre o mecanismo da caixa ocorrem com gestos icônicos, pois utiliza as mãos para simular o comportamento da hipotética mola.

Figura 13 – Fotografias do turno T.122





A mão direita fechada simula um aspecto cilíndrico como uma mola, no turno T.122, e, com os dedos da mão esquerda, A2 simula puxar a extremidade da mola, afastando-a da mão direita, o que seria um esticar, um aumento e não uma redução no comprimento da mola. Por isso, ela para, percebe sua contradição e declara necessitar de mais informações. A fala dessa aluna praticamente fecha um ciclo de raciocínio hipotético-dedutivo (LAWSON, 2004). Porém, um ciclo em que as contradições entre o teste esperado e a simulação gestual não deram subsídios para assertiva à hipótese inicial.

**Se...** a mola *tá* aqui, *tipo* se tiver uma mola mesmo [hipótese considerada]  
**e...** se você puxar a mola [teste planejado]  
**então...** vai diminuir [resultado esperado]  
**mas...** com gesto icônico e dêitico: fecha a mão direita, “a mola *tá* aqui” e os dedos da mão esquerda simulam puxar a extremidade da mola, afastando-a da mão direita, o que seria um esticar [resultado encontrado]  
**portanto...** “vou pegar informações”, ou seja, não consigo validar minha hipótese, vou reconstruir este raciocínio [conclusão]

O resultado esperado, “vai diminuir”, é coerente com o efeito natural de uma mola de tração após ser esticada e uma de suas extremidades abandonada. Assim, a aluna simula puxar a haste, pois considera que a haste está ligada a uma mola e, ao soltar a haste, a mola retornará ao seu comprimento natural, levando a haste à sua posição inicial: “e ... se você puxar a mola (e soltá-la)” [teste planejado], então ... ela “vai diminuir”. Porém o “resultado encontrado” para validar a sua hipótese, da existência de uma mola no interior da caixa, é assumido erroneamente. Ela tomou a ação no preparo do teste. O raciocínio hipotético-dedutivo, a estrutura de Lawson (2004), teria “se/e/então/e/portanto” com o “resultado obtido” sendo observado, a restituição da mola ao seu comprimento natural. Mas o “resultado obtido” foi tomado quando ela simulava esticar a mola, e a estrutura hipotético-dedutiva tornou-se “se/e/então/mas”. A aluna tinha convicção da existência da mola, logo resolveu que necessitaria mais informações para sua análise hipotético-dedutiva. Além disso, ela se mostrou segura com a forma de análise que havia empregado. Ela não esboçou reconstruir o seu argumento na estrutura “se/então/portanto”, ou pelo menos não expôs essa intenção. Essa forma de construção da ciência, o emprego do padrão hipotético-dedutivo é defendido por Lawson (2010) como a forma mais empregada no desenvolvimento científico.

Outras considerações que também se destacam nesse turno: na espiral de colocação das hipóteses e dos respectivos testes, os alunos retomaram o debate da presença da mola procurando realizar algum avanço nas deduções já estabelecidas. A confusão verbal declarada por Roth e Lawless (2002) nos momentos iniciais das manipulações continua presente. Não porque os alunos estivessem atuando como nos momentos iniciais da realização da atividade – já ocorreram muitos avanços na forma de pensarem –, mas por outra razão, que envolve a capacidade da aluna de coordenar sua construção lógica e, ao mesmo tempo, que mantém sincronizado seu discurso oral e gestual. Ela estava empregando essas duas linguagens, verbal e gestual, mas, no contexto de alocá-las sincronicamente na estrutura hipotético-dedutiva, voltou a ocorrer uma série de manipulações para análise da hipótese e ocorreu uma perda do sincronismo dos dois discursos. É digno de ressalva que o emprego de múltiplas formas de linguagem na construção das ideias científicas é salutar e necessário (LEMKE, 2002), porém o mesmo autor afirma que isso deve ser uma das funções do ensino de ciências, visto que se trata de algo que os alunos não sabem fazer. Certamente, há outros fatores que devem ser considerados, os quais afetaram o desempenho da aluna em cada ação e fala, assim como nesse turno. O grupo deveria completar a atividade e o tempo estava se esgotando; havia a disputa pela palavra a cada turno; a presença da câmera; o papel da aluna na relação com o grupo, bem como as expectativas dela em relação à turma e ao professor; e outras tantas.

#### 4.1.7 Um olhar no fluxo das ações

A partir do turno T.63, há um maior número de considerações sobre as analogias empregadas pelos alunos. Já no turno T.55, eles haviam proposto a comparação do mecanismo da caixa com uma bicicleta, mas é a partir do turno T.63 que eles passam não somente a procurar relações mais diretas de partes da bicicleta com a caixa preta como também os pontos em que a hipótese considerada tem correspondência com a analogia empregada. A partir do turno T.69, eles estão construindo um argumento para averiguar a correspondência com uma engrenagem; no turno T.71, passam a considerar o sentido dos movimentos; e no turno T.113, retomam a ideia dos elementos elásticos.

Nessa etapa do trabalho dos alunos de buscarem correspondência com as analogias empregadas, quando passaram a debater sobre as funções das partes, quando transitaram pelos andaimes analógicos (PODOLEFSKY; FINKELSTEIN, 2007), as ações nas interações sofreram algumas variações, se comparadas com os turnos iniciais, em que ocorreram as primeiras considerações sobre o objeto de estudo, a caixa preta. O diagrama a seguir

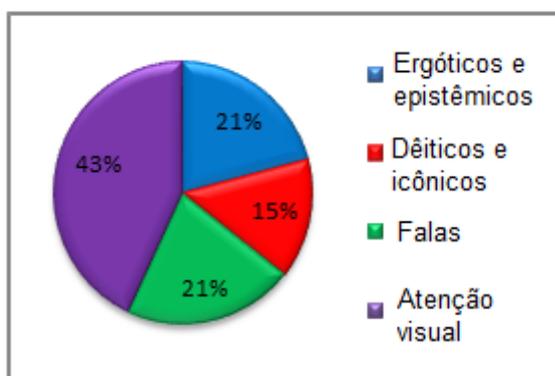


Um olhar nos dados e no panorama das interações ocorridas entre os turnos T.63 e T.151 deixa transparecer que, entre os turnos T.63 ao T.89, os alunos desenvolveram debates procurando encontrar correspondências com os modelos analógicos empregados, correspondência entre as propriedades dos elementos hipoteticamente empregados em suas analogias e os resultados obtidos e observados em consequência das várias formas de manipulação e testes aplicados na interação com a caixa. A busca pela função da hipótese considerada foi um dos destaques na pauta dos discursos, na comunicação e construção das ideias. Também os gestos icônicos empregados em diversas simulações gestuais de partes da caixa e dos modelos analógicos tomados como referência. Entre os turnos T.88 e T.99, a aluna A5 retoma o manuseio da caixa, retornando às interações ergóticas e epistêmicas. Entre os turnos T.101 e T.106, os alunos passam a fazer referência aos primeiros desenhos esboçados, e novamente se aproximam da representação do objeto, principalmente, com gestos dêiticos.

Do turno T.108 ao T.133, os alunos realizam debates sobre as funções das analogias consideradas, mas, durante esses turnos, quase de forma isolada, o aluno A3 manipula a caixa. E, entre os turnos T.142 e T.161, os alunos flutuam no direcionamento da atenção visual, entre as simulações gestuais e o desenho. Nesses turnos, as interações gestuais são mais independentes dos objetos são gestos dêiticos e icônicos.

Nos gráficos 3 e 4, notam-se as transições entre os movimentos e gestos utilizados nestas duas sequências de turnos: dos turnos iniciais até o T.62 (gráfico 3) e do turno T.63 ao turno T.161 (gráfico 4).

Gráfico 4 - Interações do turno T.63 ao turno T.161



Essa tímida diferença nos números mostra a transição, um início de afastamento do objeto material para o objeto intelectual, quando os alunos passam a referir-se ao objeto de estudo com mais gestos icônicos e mesmo dêiticos e, paulatinamente, vão criando autonomia da necessidade dos movimentos sobre a caixa, com movimentos ergóticos e epistêmicos.

## 4.2 A CONSTRUÇÃO DO DESENHO

Do turno 131 ao T139, os alunos se detêm na dinâmica de iniciar o desenho. Eles já haviam realizado vários traços esboçando alguns detalhes de suas considerações sobre o mecanismo da caixa preta, inclusive na mesa escolar, mas nesses turnos eles se preparam para o desenho definitivo. Tomam a folha adequada (T.131), colocam um apoio para facilitar o grafar (T.135), selecionam lápis e régua (T.131 ao T.133). Essa dinâmica é essencial quando se pretende que a resposta para a questão seja na forma de desenho, pois ter os materiais à disposição facilita o processo de criação do desenho.

Muitos traços que fizeram parte das interações durante a construção do raciocínio hipotético-dedutivo foram perdidos, ou seja, não foram captados para a composição dos dados desta pesquisa, apesar da presença de duas câmeras na tomada de dados. Uma das câmeras focou no grupo, nos gestos, mas sem conseguir captar os traçados imagéticos dos alunos enquanto a outra abrangia a sala toda.

No turno T.140, a aluna A2 passa a descrever um mecanismo cujos efeitos da manipulação se assemelham aos observados na caixa preta.

Quadro 30 – O início da construção da representação pictórica

TURNOS TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
140 18:24	A2: <i>Tá</i> vendo que o ferrinho que tem aqui embaixo tem aqui em cima, pode ter alguma coisa tipo assim. Quando um ferro <i>tá</i> aqui o outro <i>tá</i> aqui. Quando você empurra, ele faz assim, <i>ó</i> ; quando você puxa, <i>tá</i> vendo? Você puxa esse lado.	A2 [movimenta as hastes da caixa] A2 [depois simula o mecanismo da caixa com lápis e o estojo] A2, 4 e 5 [movimenta as hastes da caixa diante dos olhos dos demais alunos] A3 [a atenção visual permanece para o desenho]	A2: Movimentos ergóticos A2: Movimentos epistêmicos A2: Gestos icônicos A2: Linguagem verbal cotidiana A2, A4 e A5: Atenção à imagem visual A3: Atenção à imagem pictórica

Figura 14 – Fotografias do turno T.140



Os primeiros movimentos nesse turno são ergóticos, epistêmicos e dêiticos. A aluna manipula a caixa e suas hastes diante dos olhos de seus companheiros, chamando a atenção para estas, mas logo as abandona e passa a empregar movimentos, sobretudo, icônicos, ao simular o movimento das hastes com lápis, e utiliza um estojo como se fosse uma pedivela, em que se encaixam os lápis (as hastes); e também dêiticos, já que é inerente a orientação do movimento das hastes na simulação. Embora tenha realizado o afastamento do objeto, a caixa preta, e pudesse ter utilizado gestos icônicos e dêiticos para dialogar sobre o conhecimento, empregou movimentos dêiticos e icônicos, uma vez que ainda usou coisas materiais para representar o mecanismo da caixa. Ainda assim, sua fala bastante imprecisa necessitou do artifício material para tornar-se compreensível e, mesmo assim, somente no contexto associado às ações perceptuais da visão.

Dos turnos T.158 ao T.190, os alunos elaboram a construção de um modelo para o mecanismo da caixa iniciando pela observação e inserção do prego no mecanismo. Mas uma vez, a função do tal elemento rege o debate. Colocado nas palavras da aluna A2, no turno T.159: “*Pra* que teria um prego aqui? A gente precisa saber *isso*?”. Já no turno T.168, a aluna descreve sua concepção para este mecanismo.

Quadro 31 – Para desvendar a função do prego

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
168 21:04	A3: Já sei, já sei, espera, espera, ó, ó, já sei, já sei, espera. Aqui <i>tá</i> a caixa certo? Vamos supor que seja um pauzinho aqui, o prego <i>tá</i> aqui no meio, os araminhos <i>tão</i> presos aqui. Se eu puxo aqui esse lado, concorda que essa parte vai ficar assim e essa parte também vai ficar assim e empurra o arame assim? Não é nada mais que isso: um pedaço de pau, um prego no meio e arame. Eles <i>tão</i> presos aqui, com alguma coisa aqui <i>pra</i> não escapar e presos, pronto. Faz sentido. Pronto.	A3 [Desenhando]	A3: Gestos icônicos A2: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem pictórica

Figura 15 – Fotografias do turno T.162



O aluno A3 explora ao extremo a oportunidade de se comunicar com apoio de outros modos de linguagem e representações conferindo uma linguagem híbrida: verbal, gestual e pictórica, em sua comunicação. E, no final do turno, a aluna A2 bate palmas, em uma expressão de ter conseguido chegar a um resultado, que representa uma vitória ao desafio proposto, ao problema nesta aula investigativa.

Do turno T.194 ao T.200, os alunos realizam de forma sistematizada uma primeira comunicação com uma pessoa que não pertence ao grupo, ao professor. O desenho já se mostra em sua fase final, merecendo reforços nos traços como sugerido no turno T.222: “Se vocês quiserem depois desenhar a caneta *pra* reforçar porque depois a gente vai escanear”.

Quadro 32 – Ao comunicar o resultado parcial da investigação

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
194 23:41	A5: Ó, professor, a gente acha que isso aqui é uma madeira e isso aqui [...] isso aqui é uma madeira, isso aqui é um prego,	A5 [Indica no desenho sua descrição] A2 e A4 [Aponta esses elementos na caixa] T [Dividem a atenção entre o desenho e depois aos elementos da caixa apontado por A2 e A4]	A5 e A2: Gestos dêiticos A5: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem pictórica T: Atenção à imagem visual
195 23:51	A2: É um prego que tem aqui no meio.	A2 e A4 [Apontam o prego na caixa] A2, A3, A4 e P [Olhando os gestos e indicações de A2 e A4] T [Dividem a atenção entre o desenho e depois aos elementos da caixa apontados por A2 e A4]	A2 e A4: Gestos dêiticos A2: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual T: Atenção à imagem pictórica
196 23:56 F110	A3: Ali são os arames. Aqui vai ter um elástico.	A2, A3 e A4 [Apontam o arame e A2 e A3 falam praticamente de forma simultânea que há um arame] T [Olhando os apontamentos no desenho]	A2, A3 e A4: Gestos dêiticos A2 e A3: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
197 23:56 F111	A2: Aqui vai ter um elástico.	A2 [aponta o desenho] T [Olhando os apontamentos no desenho]	A2: Gestos dêiticos A2: Linguagem verbal cotidiana A2: Analogia material

			T: Atenção à imagem visual
198 23:59 F112 F113	A5: Aqui vai ter um elástico. Quando você puxa, como isso aqui tá preso no elástico vai fazer esse movimento, fazendo isso.	A5 [explica realizando gestos próximos ao desenho] A5 [utiliza um lápis para demonstrar a posição da biela - movimentam-se em conjunto] A5 [movimenta as hastes da caixa]	A5: Movimentos ergóticos A5: Gestos dêiticos A5: Gestos icônicos A5: Linguagem verbal cotidiana A5: Analogia material T: Atenção à imagem visual T: Atenção à imagem pictórica
199 24:09 F114	P: E aí, quando você solta?	A5 [movimenta as hastes da caixa]	A5: Movimentos ergóticos P: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual
200 24:10 F115	A5: E aí, quando você solta, ele volta ao normal.	A5 [solta as hastes da caixa] A2 [Aponta o desenho] T [olham para a haste e depois dirigem seu olhar para o desenho, indicado por A2]	A5: Movimentos ergóticos A2: Gestos dêiticos A2: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem visual T: Atenção à imagem pictórica

Figura 16 – Fotografias do turno T.198



Mais uma vez, é possível notar nos dados como os alunos exploram o acervo à sua disposição, tanto o desenho quanto a caixa para se favorecerem em sua comunicação. No turno T.198, a aluna A5 continua sua comunicação ao professor das construções do grupo, e, à medida que fala, aponta os correspondentes traços que fazem jus aos aspectos comentados. Selecionamos três fotografias descritas nas ações no quadro anterior, no exato instante em que ocorreram. Na primeira, a aluna A5 aponta no desenho os detalhes por ela comentados; na segunda, gesticula sobre o desenho, simulando o funcionamento de partes do modelo por eles imaginado; e, na terceira fotografia, manuseia a caixa e diz que o resultado de tudo que ela relatou é “fazendo isso”. Sua conclusão, de seus comentários, representações gestuais e desenhos resultam no que se via, ao se manusear a caixa.

Embora tenhamos considerado um padrão de colocação de nossa classificação em cada turno, eles não refletem a ordem dos eventos. Os primeiros movimentos nesse turno são dêiticos, a aluna aponta as partes do desenho a que se refere e a atenção está voltada para a representação pictórica, para o desenho. Os movimentos seguintes são icônicos, quando a aluna A5 passa a simular o funcionamento de partes do equipamento, idealizado pelo grupo,

hipoteticamente no interior da caixa. E, por fim, os movimentos são ergóticos quando a aluna movimenta as hastes da caixa.

Considerando o padrão hipotético dedutivo nessa sequência de turnos, a hipótese inicial se tornou mais densa e nela está inserida não apenas um elemento, presente no mecanismo, da caixa, mas todo o mecanismo.

T.194	<b>Se...</b> aqui é uma madeira...
T.195	... um prego aqui no meio.
T.196	Ali arames.
T.197	Aqui... um elástico [ hipótese]
T.198	<b>E...</b> Quando você puxa... [teste planejado]
T.198	<b>Se...</b> isso aqui <i>tá</i> ligado no elástico [hipótese]
T.198	<b>Então...</b> vai fazer esse movimento, fazendo isso. [resultado esperado]
T.199	<b>E...</b> aí quando você solta? [teste planejado]
	[Realiza o teste]
	<b>E...</b> ela volta ao normal [resultado encontrado]
T.202	<b>Portanto...</b> já é uma boa ideia [conclusão]

Nessa descrição do modelo, de como seria o mecanismo, há as colocações de A5, no turno T. 194; de A2, no turno T.195; de A3, no turno T.196, logo a concepção adotada mostra ser do grupo e não mais de um componente do grupo. O padrão “se/então/portanto” apresentado possui uma complementação da hipótese e do teste planejado, e a conclusão é a confirmação de que a concepção construída não é uma resposta fechada ao problema, mas aceitável e com qualidade, “[...] é uma boa ideia”. Além disso, também deixa aberto para aceitação de outras construções, outros resultados aceitáveis. Eles retornam a essas colocações nos turnos T.313 a T.316.

Quadro 33 – Compreensão que o problema é aberto

TURNO	FALAS
313 32:08	A5: <i>Mano</i> , o pior é que a gente vai ouvir o das outras pessoas e <i>vão</i> fazer sentido.
314 32:11	A2: Vai fazer sentido, mas aí a gente vai mostrar o nosso. Ele falou: “a gente vai ter que vender nosso <i>peixe</i> ”.
315 32:19	A5: A gente vai ser o último, <i>pra</i> fechar com chave de ouro.
316 32:22	A2: Não, porque, se a gente não for o último, vai dar tempo deles colocarem isso no deles.

Essa percepção dos alunos, que um problema poderia ter mais do que uma única solução, é uma importante concepção sobre a construção da ciência, que o ensino por investigação pode e deve favorecer. Na construção do raciocínio científico (LAWSON, 2004), e na exposição da concepção elaborada, os alunos utilizaram vários modos de linguagem para

se comunicarem. É evidente o apelo à atenção visual nas expressões empregadas, que se destaca em negrito nos turnos a seguir.

T.194	Se... <b>aqui</b> é uma madeira...
T.195	... um prego <b>aqui</b> no meio.
T.196	<b>Ali</b> arames.
T.197	<b>Aqui</b> um elástico [ hipótese]
T.198	E... Quando você puxa... [teste planejado]
T.198	Se... “isso <b>aqui</b> tá ligado no elástico [hipótese]
T.198	Então... vai fazer <b>esse</b> movimento, fazendo <b>isso</b> . [resultado esperado]
T.199	E aí quando você solta? [teste planejado] [Realiza o teste]
	E... ela volta ao normal [resultado encontrado]
T.202	Portanto... já é uma boa ideia [conclusão]

A ciência é multimodal em relação aos modos semióticos empregados em sua construção e, dificilmente, poder-se-ia conceber um ensino-aprendizagem sem essa característica. Notam-se nos dados que os alunos de forma espontânea demonstraram trabalhar nesse molde, e a linguagem verbal, no trecho do episódio pontuado acima, revela a incompletude na informação (LEMKE, 1998). Nem todos os elementos que constituem a informação na construção do raciocínio científico (LAWSON, 2004) estão em linguagem verbal. Perini (2005) adverte sobre a existência de aspectos que são convenientemente comunicados apenas em linguagem visual.

Ao mesmo tempo em que na linguagem verbal não se consolidaram todas as informações para a estrutura “se/e/então/e/portanto” (LAWSON, 2004), é imprescindível o modo gestual empregado. Essa construção merece destaque por ter um grande número de elementos se consolidando como uma das estruturas mais completas realizada pelos alunos durante a atividade e por ter ocorrido em um intervalo de tempo, de turnos, tão coesos, do turno T.194 ao T.202, o que facilitou a percepção da coerência do raciocínio estruturado.

Não foi necessária, na presente análise, uma busca exaustiva de elos e recortes entre turnos para elucidar a construção do padrão hipotético-dedutivo empregado para o raciocínio dos alunos. Todos os elementos estavam coesos. Certamente para os alunos presentes no momento dessa estruturação de raciocínio, as ideias ocorreram de forma clara e inteligível.

A outra consideração é que os pronomes demonstrativos nos turnos demandam a atenção visual. E essa atenção foi solicitada não apenas em um elemento do padrão hipotético-dedutivo, mas na colocação das “hipóteses”, no “resultado esperado” e no “teste realizado”. Se na hipótese e no resultado esperado o pronome é o elemento que demanda a atenção visual, no teste realizado uma pergunta o antecede:

Após uma fração de segundo de duração do teste, a linguagem verbal volta a assumir o enredo dos acontecimentos, quando os resultados encontrados são relatados. E o teste foi realizado sem uma expressão verbal, apenas com movimentos. O “teste realizado”, que é visual, não substitui todo o trabalho de construção do padrão hipotético-dedutivo, mas está inserido no padrão. Todo esse apelo à atenção visual possibilita indícios de variados posicionamentos e estrutura de construção do raciocínio (LAWSON, 2014), além de ser a promoção de uma situação de aprendizagem, como incentiva Lemke (2006), em que se explora múltiplas representações.

As observações realizadas longe de serem triviais foram realizadas talvez uma centena ou mais vezes. Analisa-se um episódio no turno 200 em que puxar e soltar as hastes foi uma das rotinas desde o início do manuseio, mas os alunos não estão apenas a observar e a desenhar, ou a observar e realizar alguma classificação. Eles estão estruturando o raciocínio científico, segundo constatamos com o padrão hipotético-dedutivo (LAWSON, 2004). Portanto, essa observação criteriosa também deve ser objeto das práticas escolares, como empregou Agassiz (LERNER, 2007), e esses alunos a realizaram até concluírem a atividade.

#### 4.2.1 O desenho dos alunos

Embora o desenho dos alunos pareça finalizado no turno T.222, ele receberá cuidados estéticos no decorrer dos turnos até o momento de apresentá-lo no final da aula.

Quadro 34 – Considerações sobre a estética da representação pictórica

TURNO TEMPO	FALAS	AÇÕES
298 31:28	A2: Você vai fazer outro, Igor? <i>Tá bom</i> aquele lá.	A3 [volta a desenhar]
299 31:31	A3: Não tá não.	
300 31:32	A2: Não <i>tá bom</i> aquele desenho? <i>Tá bom</i> , Igor. <i>Tá bom</i> .	A2 [aponta o desenho] A3 [está desenhando]
301 21:40	A5: Agora tem que pintar.	A4 [está manuseando a caixa. Apalpando-a] A2 e A3 [estão olhando fitos para o desenho] A5 [realiza gestos retóricos]
336 37:03	A2: O elástico, o elástico tinha que ser amarelo, sabe? Tinha que ser amarelo, sabe?	A5 [pintando] A3 [passa a pintar]

351 37:50	A: E esse negócio aqui? Deveria ser cinza.	A5 [pintando]
382 39:55	A: Posso colocar esses detalhes em preto? Ou <i>de</i> azul?	A5 [pintando] A3 [passa a pintar também] A4 [está manuseando a caixa, mas sem manifestar um propósito]
385 40:12	A: Vocês pintou o ferrinho de azul?	A2 [escreve o número do grupo no desenho e aponta algo no desenho] A4 [está manuseando a caixa, mas sem manifestar um propósito]
386 40:14	Não o [...] vai ser azul.	A3 [volta a trabalhar no desenho] A4 [está manuseando a caixa, mas sem manifestar um propósito]
406 41:53	O elástico? Pode deixar em preto.	A3 [pintando o desenho] A2 [aponta cooperando com a fala]
409 42:06	<i>Tá</i> ficando bonito.	A3 [pintando o desenho]
410 42:08	ô, passa um lápis bem forte, um lápis de cor preta em volta. Significa que a caixa é preta.	A3 [pintando o desenho]
412 42:16	Não, passa a caneta preta, é melhor.	A3 [pintando o desenho] A4 [pega a caneta e a aproxima de A3]

Detalhes da configuração a ser expressa na representação continuam a ser sugeridos no decorrer dos turnos, inclusive sobre a legenda:

Quadro 35 – Considerações sobre a legenda da representação pictórica

231 26:01	A5: Faz setas, tipo prego, liguinha...	A5 [toma o lápis de A3 e começa a desenhar]
232 26:04	A2: E onde a gente vai colocar o elástico aqui?	A2 [aponta o desenho] A3 [pega de volta o lápis e está desenhando]
233 26:05	A5: O elástico vai <i>tá</i> preso aqui, segurando isso daqui.	A5 [aponta uma posição no desenho] A3 [desenhando]
236 26:19	A3: Escrevo madeira ou pedaço de pau?	

Desde o início das discussões os alunos foram estabelecendo suas concepções sobre a caixa preta. Iniciaram interagindo com a caixa, com movimentos ergóticos e epistêmicos, a fim de perceberem as características externas desta e, aos poucos, foram sugerindo elementos, explorando a correspondência analógica com os efeitos observados, como, por exemplo, a suposição de que no interior da caixa havia uma mola. Logo no turno T.17, destaca-se: “Eu acho que é uma mola”. No turno T.37 optaram por trocar a mola por um elástico. A convicção era a de que no interior da caixa havia um elemento elástico responsável pelo evento observado, e, após puxar e soltar as hastes, essas retornam à posição inicial. Essa convicção está explícita no número de vezes em que o elemento elástico foi sugerido e investigado.

“124” vezes (Tabela 10). Na sequência desenvolvida pelos alunos em sua análise da caixa preta, eles passaram a buscar as posições dos elementos e os elos com a caixa ou com outro elemento.

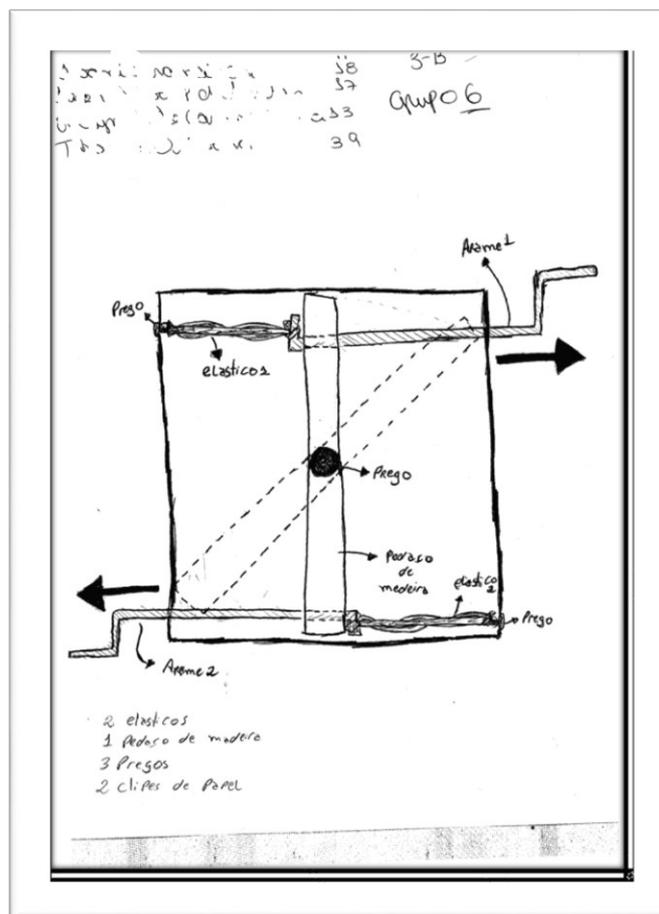
Algumas vezes, esses alunos interagem entre si desenhando esboços do esquema que ilustrariam suas ideias: às vezes, na carteira, em papéis que não seriam entregues ao professor, pois somente a partir do turno T.131, a folha definitiva foi entregue ao grupo. Quando os alunos passaram a trabalhar no desenho final, esse tem funções específicas: comunicar ao grupo; ser convincente; deve ser aceito, ter o respaldo da comunidade escolar, isto é, da turma. Sob esse aspecto, esses alunos estão fazendo ciência (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2000), há algum aspecto em suas práticas que se assemelha com as práticas vistas na história do desenvolvimento das concepções científicas.

Essa prática, que está na história da ciência e na atividade de ensino investigativo e de enculturação científica, também se contrapõe à visão de um rígido vetor epistemológico em que o desenho é realizado quando a criança não está segura quanto à linguagem verbal, como observou em sua revisão Barbosa-Lima e Carvalho (2003), ou quando o jovem não possui a instrumentalidade matemática desenvolvida para descrever o fenômeno (PESSOA Jr., 2007). O desenho, além de ter sido importante em várias etapas da construção do modelo, será de extrema relevância para relatar a concepção construída pelos alunos, pois permitirá a transição da linguagem pictórica para a linguagem verbal, e, neste aspecto, em uma prática como a descrita por Einstein, tendo “[...] como elementos do pensamento [...] certos símbolos e imagens, mais ou menos nítidos, que podem ser voluntariamente criados e combinados. (HOLTON, 1998, p. 109).

Os alunos que por meio do padrão hipotético-dedutivo (LAWSON, 2004) construíram um modelo que corresponde aos efeitos observados na caixa preta agora terão de realizar o caminho inverso e, a partir do seu desenho, declarar suas concepções, que justificam a presença dos elementos. Essas ações correspondem exatamente ao que foi observado por Lemke (2006) quanto à falta de iniciação em estudo de diferentes modos representacionais para os alunos, cujo artigo referenda que transitar pelos vários modos semióticos utilizados pela ciência deve ser ensinado e aprendido.

A responsabilidade de desenhar coube na maior parte do tempo ao aluno A3, e alguns aspectos do desenho remetem à intuição de que este aluno teve algum grau de iniciação ao desenho técnico. Há um conjunto de detalhes na representação desses alunos que se encontra especificado nas Normas Brasileiras, que regulamentam o desenho técnico, e permitiu constatar que A3 teve iniciação nessa modalidade.

Figura 17 – Desenho do grupo



O desenho técnico é uma forma de representação, totalmente regulamentado pelas NBRs, da ABNT. Entre as principais, estão: NBR 5984 – Norma geral que define os termos empregados em desenho técnico, os tipos de desenho, o grau de elaboração, o grau de pormenorização e a técnica de execução; NBR 10068 – Norma sobre a folha de desenho, o *layout* e as dimensões; NBR 13142 – Sobre o dobramento das folhas de desenho; NBR 10582 – Sobre a distribuição do desenho na folha; NBR 8402 – Sobre as características de escrita em desenhos técnicos; NBR 8403 – Sobre as linhas de desenho; NBR 8196 – Sobre o emprego de escalas; NBR 12298 – Sobre a representação da área de corte; NBR10126 – Sobre cotagem em desenho técnico; NBR8404 – Indicações do estado das superfícies; NBR 6158 – Sistemas de tolerâncias e ajustes; NBR 8993 – Representação convencional de partes roscadas. E outro tanto para cada área de engenharias: NBR 6409 – para a execução dos desenhos de eletrônica; NBR 7191 – para a execução de desenhos para civil etc.

Porque consideramos que o aluno A3 conhece desenho técnico:

- a) os traços que representam a parte externa da caixa, embora traçados “à mão livre”, isto é, sem o auxílio de uma régua, são compostos de pequenos traços sobrepostos, e não de forma contínua. Essa forma de reforçar traços de desenhos faz parte das técnicas de quem é iniciado nessa modalidade de desenho;
- b) esses mesmos traços externos têm espessuras maiores do que outras linhas empregadas no desenho, como as linhas tracejadas, empregadas na trave ligada às hastes, que, além de ser interna (linhas invisíveis), representa uma posição alternativa para a haste. A NBR 8403 define dez tipos de linhas e as correspondentes espessuras usadas para facilitar a interpretação e compreensão dos desenhos: linha contínua grossa para arestas visíveis; linhas tracejadas médias para arestas ou contornos não visíveis, ou seja, não perceptíveis à observação de uma determinada perspectiva para uma determinada vista; e linha contínua fina para hachuras. Na NBR 6492/1994 que define as linhas para desenhos de arquitetura, está declarado que as linhas contínuas grossas para contorno têm espessura entre 0,6 ou 0,7 mm; as linhas médias para linhas internas, de indicações e de chamada, 0,4 ou 0,5 mm; as linhas contínuas finas para linhas internas, linhas de cota e linhas auxiliares, 0,2 ou 0,3 mm; e as linhas tracejadas para as linhas além do plano do desenho, 0,4 ou 0,5 mm.

No desenho desses alunos têm-se as linhas grossas no contorno, as linhas finas nas hachuras e as linhas tracejadas médias na posição alternativa da trave central e nas hastes, na posição de encaixe na trave, mostrando que algo que se assemelha a um furo na trave, por onde passa a haste, e essas formas e espessuras de traços estão aplicadas exatamente como especificados na NBR 8493.

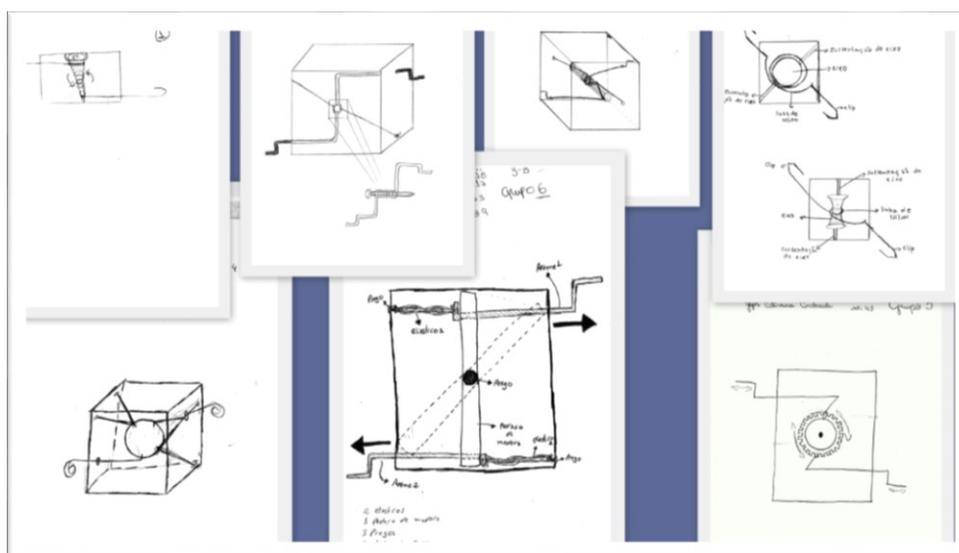
Os traços paralelos, em linhas finas, empregadas no desenho das hastes (as hachuras) estão adequados segundo à NBR 12298 sobre as normas de corte. Esse tipo de representação é usado para detalhar partes internas de uma representação e também para especificar o tipo de material. As linhas empregadas pelos alunos são correspondentes para o aço, como certamente é o material dos clips desdobrados usados como hastes.

A distribuição do desenho em uma folha está de acordo com as recomendações da NBR 10582, mesmo a legenda, porém no lado errado. Na NBR, recomenda-se que a legenda esteja situada no lado direito e na parte inferior, e no desenho dos alunos a legenda está na parte inferior, mas próxima à lateral esquerda.

Não se está, neste estudo de caso, sujeitando a construção do conhecimento científico a técnicas de outros campos de saber, mas explorando que intercontextualizações (PAIVA,

2010) favorecem conexões para construção de entendimento e de conhecimento, em qualquer saber. Variadas experiências em diferentes contextos produzem possibilidades de outras contribuições na construção do saber e, na história da ciência, há várias construções matemáticas e físicas de Newton com base geométrica. Einstein evidentemente possuía habilidades com desenhos trabalhando no escritório de patentes e ele declarou posteriormente que uma representação visual fazia parte de sua maneira de raciocinar. Holton (1979; 1998) comenta o processo de estruturação do raciocínio científico empregado por Einstein, que usava uma representação visual para situar suas colocações. Galileu foi favorecido pela sua compreensão de representações artística e técnicas, quando construiu concepções baseadas em suas observações astronômicas (HOLTON, 1979; 1998; REIS, et al., 2006; EDGERTON, 2006).

Figura 18 – Desenhos de todos os grupos



#### 4.3 A SATISFAÇÃO DE FAZER CIÊNCIA

O resultado construído pelos alunos causou-lhes satisfação. A aluna A5 expressou isso em diferentes momentos e de diferentes formas. “*Mano, vai ser da hora apresentar.*” (T.226); “*Zica, mano, isso daqui devia valer dinheiro que eu tô precisando.*” (T.228); e “[...] Eu vou trabalhar no CSI.” (T.264).

Eles descrevem essa satisfação, também pela representação construída, quando a aluna A4 a qualificou no turno T.309: “*Anota aí. Obra de arte.*”; a aluna A5, no turno T.315: “*A gente vai ser o último, pra fechar com chave de ouro.*”; no turno T.366, “*Ficou lindo*”.

Essa satisfação poderá ser observada na resposta a um exercício, mas, como exercícios possuem resposta restrita, os alunos têm mostrado a tendência de dar a resposta engajados em “fazer escola” ou “fazer lição” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2000), muitas vezes dão respostas que julgam ser a expectativa do professor. É nas possibilidades de um ensino por investigação de um problema que um leque de resoluções pode ser elaborado. Soluções que permitem o desenvolvimento da criatividade, de inovações, de autêntica autoria, produção e propriedade intelectual. Esses alunos estiveram envolvidos no processo de enculturação científica, transitando nos modos semióticos em que se faz ciência, no “fazer ciência” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2000).

Por fim, a satisfação ultrapassou o sentimento da descoberta científica escolar, neste caso, da construção da representação, também promoveu segurança pela compreensão adquirida. A aluna A5 se prontifica a realizar a apresentação. Ela expressa no turno T.363, “Eu vou apresentar.”, e no turno T. 377 justifica sua prontidão, “Esse aqui eu tenho coragem de apresentar. Porque eu entendi a matéria”, retificado a seguir pela aluna A2: “[...] Porque nós entendemos a matéria.” (T.378). Portanto, os alunos sentiram-se à vontade para refletir sobre a atividade e as aulas desenvolvidas na escola. Ainda no turno T.377 e T.378, eles comentaram:

- |       |  |
|-------|--|
| T.377 | Porque nós entendemos a matéria. Nós funcionamos.<br><br>Prof. Pedro não vai embora, Pedro. Manda a Profa. Inácia embora.<br>Ai oh.<br>O Prof. Pedro no lugar da professora de português, da Antônia.<br>Vamos ter aula de física [ao] invés de aula de português. |
| T.378 | Quatro aulas de física. Vai ser da hora.   |
| T.334 | Devia ter isso nas outras aulas, <i>né?</i><br>Faz a gente raciocinar <i>de</i> mais.  |

Nas duas últimas seções da aula, os alunos organizam uma lista com cada elemento da caixa e têm início as apresentações dos modelos elaborados pelos vários grupos com a avaliação dos demais membros da turma quanto a adequação.

#### 4.4 A TERCEIRA SEÇÃO DO FLUXO DE INTERAÇÕES

Observando o fluxo das interações a partir do turno T.162, serão divididos em duas partes: na primeira parte até o turno T. 273, em que já se iniciaram os trabalhos com ênfase nos desenhos, mas ainda há ações relacionadas ao manuseio da caixa; e do turno T.274 ao

T.427, em que as ações se concentram no desenho. A partir desse turno (T.427), os alunos fazem uma lista do que há na caixa e, em seguida, começam as apresentações para toda a turma.

No diagrama de fluxo das interações, optou-se por não registrar turnos em que a centralidade das falas e ações eram alheias à questão de pesquisa: do turno T.207 ao T.221, as discussões foram sobre quem trouxe a caixa para a escola; do turno T.228 ao T.231, os alunos se desviaram do tema; do T.254 ao T.259, eles debateram sobre um modelo fantasioso da galinha no interior da caixa; do T.290 ao T.297, eles brincaram com o grupo ao lado; do turno T.329 ao T.335 e do T.317 ao T.336, discutiram sobre os trabalhos e as aulas da escola.

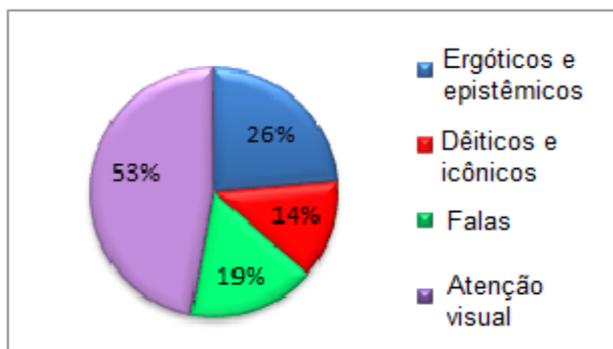
Quadro 36 – Fluxo das interações do turno T.173 ao turno T.273

T U R N O S	Mov. ergóticos	Mov. epistêmicos	Gestos. dêiticos	Gestos. icônicos	Ling. verbal cotidiana	Ling. verbal científica	Analogia material	Analogia formal	Atenção à imagem visual	Atenção à imagem pictórica	Atenção à imagem nas simulações
	162			2	2					T	
163											
164		2		2					T		
165		4	4	4							
166		4		5					T		
167		24		2					T		
168										T	
169				5							
170	4			4					45		
171			2	2							
172		5		5					T		
173				4					T		
174	3	3	5	5							
175		4	4	4					T		
176		2	2	2					3		
177		4	4	4					35		
178		54	5	5					T		
179		4	4	4					T		
180		45	5	5					T		
181				4							
182		5	5	5					T		
183				4							
184	3			3					3		
185	3	5	5	5					3	524	
186			2	2						3	
187				4						3	
188			2	2						3	
189		4	4	4					245	3	
190		2	2	2						3	
191			4	4							
192				P					T		
193				2							
194			5	5					T		
195			24	2					T	5	
196			2	3					T		
197			2	2						T	
198	5	5	35	5					T		
199	5		P						T		
200	5	2	2	2					T	T	
201			4	4						T	
202			3	3						3	
203	4	4	4	4					4		
204		2	2	2						2	
205				3							
206			2	2					T		
222				P					T		
223				2						T	
224			5	5						T	
225			2	2						3	
226				5							
227			2	2	2					T	
231				5						T	
232			2	2						T	
233				5						T	
234			2	2						T	
235			5	5						T	
236				3							
237				2						3	
238											
239	2			2						2	345
240	2	2		2						25	3
241			5	5	5					245	3
242			2	2	2					4	2
243	5	5		4							3
244				2							
246			3	3	3						T
247	3	3	3	3							T
248				2							T
249			5	3							T
250	3	5	5	5						25	45
251	3	3	3	3							T
252	5	5		4							23
253	5	5		2							3
260	3			3							T
261	3	2	2	2							T
262		3	3	3							T
263	5			4						54	23
264	53	53		5						542	
265	3	3	4	4							3
266	3	3		2							3
267	3	3		5							3
268	3	3	2	2							3
269	3	3	2	2							3
270	3	5	5	5	5						3
271	3	3	2	2							3
272	3	3	2	2	2						3
273			2	2							T

Essa é terceira seção de interações. Na primeira seção das interações iniciais, em que os alunos procuraram desvendar os materiais de que a caixa era feita, ocorreram 28% como movimentos ergóticos e epistêmicos, 9% como gestos dêiticos e icônicos, 22% como

linguagem verbal e 41% em referências visuais perceptíveis. Na segunda seção, em que se empregaram analogias mais estruturadas para se estudar a caixa, as interações ergóticas e epistêmicas caíram para 21%, mas os gestos dêiticos e icônicos aumentaram para 15%.

Gráfico 5 - Interações do turno T.173 ao turno T.273



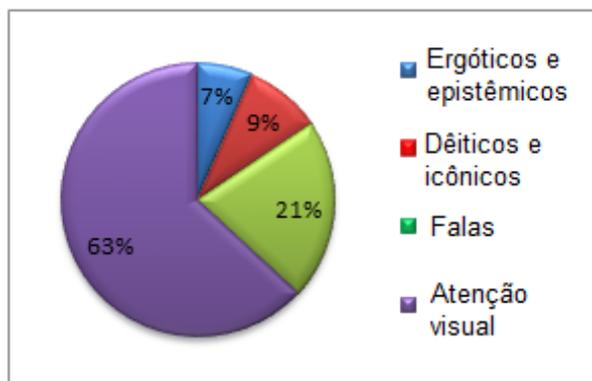
Embora a atenção visual tenha permanecido próxima (na primeira seção foi de 41% e na segunda seção 43%), não ocorreu apenas uma transição de dois pontos percentuais, mas a modalidade de atenção visual foi alterada. Ocorreu um afastamento da atenção visual à caixa. Grande parte dessa atenção passou a ser direcionada a alguns modos gestuais que representavam partes da caixa ou características de algum mecanismo analógico e ampliou-se a atenção visual para seções do desenho.

Na primeira seção, a atenção visual com detalhes relacionados diretamente com a caixa tiveram 137, contra 8 tentativas de esboços iniciais; os desenhos ocupavam 5% da atenção visual. Na segunda seção, foram 201 interações com demanda à atenção visual para o equipamento e 42 para o desenho; os desenhos ocupavam aproximadamente 17% da atenção visual. Na terceira seção, ocorreram 100 demandas de atenção visual para a caixa ou para os gestos e 132 interações de atenção visual correspondente ao desenho; a relação se alterou e 57% da atenção visual foram direcionadas ao desenho.

Embora seja nessa seção que o raciocínio científico mostra-se mais elaborado e é quando há maior interação com o desenho, a ligação entre esses pontos de objeto desta análise deve ser tomada em conta já que esse desenho não é um desenho de leitura. Ele existe e os alunos trabalham nele como referência para estruturarem seus conceitos e raciocínio. Na verdade, os argumentos vão se tornando mais estruturados e isso vai caminhando com o desenvolvimento desse modo de linguagem, o desenho, tornando-o mais perceptível em detalhes. Foi o crescimento na complexidade dos modelos analógicos empregados que munuiu os alunos para aproveitarem o novo modo representacional o desenho. Este se revelou



Gráfico 6 - Interações do turno T.273 ao turno T.441



Permanecem presentes nas interações do grupo os movimentos ergóticos e epistêmicos com 7% em relação ao número total de interações, pois os alunos têm a caixa em suas mãos, e, naturalmente, mesmo que sua atenção seja para outras considerações, um ou outro aluno continua a manusear a caixa. Essa incidência ocorreu em 36 turnos de 138 contabilizados, ou seja, em 26% dos turnos alguém persistiu por manusear a caixa. Os gestos e dêiticos icônicos agora estão interligados à construção do desenho e nota-se que praticamente este 9% são gestos dêiticos. Transparece, portanto, que o objeto de trabalho nessa etapa é o desenho. As ações estão direcionadas e sujeitas ao produto ali produzido. A fala permanece com interações próximas aos 20%, mas cumpre ressaltar que a fala foi quase o marco dos turnos. Raros foram os turnos em que não se nota a fala. Por outro lado, a atenção visual se concentra sobre o desenho ganhando um índice maior que nas outras etapas desse nosso mapeamento das interações.

#### 4.5 A AULA SOBRE O EFEITO FOTOELÉTRICO

Após a sistematização da seção em que foi tratada a questão referente ao uso de modelos na construção do conhecimento científico, três aulas foram dedicadas aos debates acerca do modelo fotoelétrico. Nessa seção, havia o objetivo de compreender o modelo fotoelétrico e fortalecer o problema dentro da sequência didática sobre a natureza da luz, se é onda ou partícula.

Quadro 38 – Seção da sequência didática sobre o efeito fotoelétrico

AULA	TEMA	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES
2	Efeito fotoelétrico	Simulação na sala de informática. Sítio eletrônico: <a href="http://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric">http://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric</a> . Após breve explicação, utilizar a simulação em ‘Atividades’, alterando o comprimento da onda. Observar a cor da luz e a ocorrência – ou não – do efeito.
2		Vídeo e análise da simulação. Discussão
3		Questionário sobre efeito fotoelétrico Entrega de texto para leitura em casa ao final

O papel do problema é essencial na construção do conhecimento científico escolar, sob a perspectiva de um ensino por investigação. Logo, durante a sequência, sua manutenção deve estar garantida de forma que todo o transitar dentro da sequência didática tenha por base o problema. Mas, além da pertinência, o necessário destaque e manutenção do problema, o estudo do modelo fotoelétrico nessa posição tem relevância por revelar a sequência da construção do conhecimento na história da ciência. Isto ocorreu quando a comunidade científica se depara com o fato de a luz se comportar também como partícula, e rever posições convictas de que a luz poderia ser explicada apenas como onda.

O efeito fotoelétrico é moldado sob o prisma da realização de medidas. Ele é icônico em uma vertente de construção do conhecimento científico cujo vetor epistemológico não passa por geometrização do que é visível experimentalmente, razão pela qual aparatos experimentais educativos que exploram a visualização do fenômeno não têm por virtuosidade a plasticidade. Mesmo assim, a experiência do efeito fotoelétrico produz nos profissionais ligados ao conhecimento físico encantamento, pois consideram a experiência original, a quebra histórica de paradigma de concepção da luz, os personagens envolvidos nessa construção, em suma, a história subjacente a essa grande realização humana.

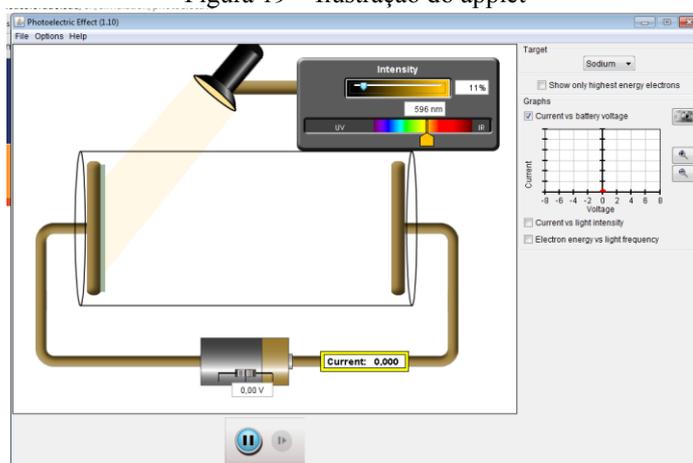
Para auxiliar a construção desse conhecimento pelos alunos, é válido salientar aspectos visuais associados a esse fenômeno, e, com essa finalidade, foi empregado um applet, uma simulação. Outra importante justificativa para se considerar o emprego de uma simulação em sala de aula tem por parâmetro a construção do conhecimento científico, baseado nas concepções apresentadas em Roth e Lawless (2002), que a linguagem emerge e se estrutura caso seja favorecida por ações manipulativas, tendo presentes os objetos experimentais, e ainda assim a utilização de um applet se justifica: não se conseguiria ter a percepção visual adequada quanto à frequência da luz, e a passagem da corrente teria apenas um multímetro

assinalando o sinal elétrico detectado; Roth e Lawless (2002), no artigo em questão, tomaram dados de aulas em que as ações, movimentos e gestos dos alunos ocorreram nos debates associados a uma simulação.

#### 4.5.1 A simulação empregada

O applet empregado para a simulação faz parte de um projeto de simulações interativas da Universidade Boulder do Colorado, o PhET, fundado por Carl Wieman, ganhador do prêmio Nobel em 2001, juntamente com Eric A. Cornell, também professor norte-americano na Universidade do Colorado, e Wolfgang Ketterle, professor no MIT por terem desenvolvido estudos das propriedades do condensado de Bose-Einstein, considerado um quinto estado da matéria previsto em 1924 pelo físico Satyendra Nath Bose e por Albert Einstein.

Figura 19 – Ilustração do applet



Fonte: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric>.

Em uma das páginas da PhET, há a descrição de várias simulações, que compõem o projeto e informações sobre como são exaustivamente testadas, disponibilizadas gratuitamente, os objetivos gerais e respectivos e, inclusive, o de aumentar a enculturação científica. Além das convicções dos autores do projeto PhET, eles se apoiam em pesquisas para reforçar a visão sobre o uso das simulações: “que permitem aos alunos fazer conexões entre os fenômenos da vida real e da ciência subjacente, auxiliando na construção de aprofundamentos, na compreensão e apreciação do mundo físico”.

Para ajudar os alunos a compreender visualmente conceitos,... animando o que é invisível ao olho através do uso de gráficos e controles intuitivos, com manipulações

ao clicar e arrastar *sliders* e botões. E para incentivar uma maior exploração quantitativa, as simulações também oferecem instrumentos de medição, ilustrando as relações de causa e efeito, bem como várias representações associadas a movimento de objetos, gráficos, leituras de números, etc.<sup>11</sup>

Esses objetivos por trás da elaboração e utilização dessa simulação estão em sintonia com um dos focos desta pesquisa que pretende compreender a atenção visual empregada na construção do conhecimento científico escolar, além de a simulação favorecer a possibilidade de discussão da correta previsão dos resultados do efeito fotoelétrico e de como os resultados experimentais levam ao modelo do fóton para a luz. Outro aspecto de relação deste trabalho com o emprego da simulação está na forma de vínculo dos alunos com a construção de conhecimento, segundo as concepções declaradas pelo professor e pelos autores do PhEt. Na aula inicial de aplicação dessa sequência, o professor declarou a seus alunos que o desenvolvimento da atividade seria lúdica, semelhantemente aos autores do PhEt sobre o uso da interface por eles desenvolvida.

#### **4.5.2 A proposição do problema**

A aula 2, referente ao uso da simulação sobre o efeito fotoelétrico, teve em seu início um longo discurso do professor, com pouco mais de 32 minutos, retomando e sistematizando a aula 1, em que foram desenvolvidas as representações sobre o modelo para a caixa preta e abordando a importância e exemplos de uso de modelos pela ciência. Ele pontua que, os trabalhos desenvolvidos nas próximas aulas, devem levar em conta a noção de emprego de um modelo, e, por isso, considera-se o instante 0:00, momento em que ele passa a fazer referência aos trabalhos sobre o efeito fotoelétrico. Além dos itens empregados nos quadros de auxílio à nossa análise, “fala” e “ações”, na coluna de “classificação”, irá se empregar um novo parâmetro para avaliar as diferentes formas de questões, que se encontram no discurso do professor.

No quadro a seguir, destaca-se o turno 1, no instante 0:00, em que o professor dá início com uma questão de caráter organizacional, a qual não tem correspondência direta com o fenômeno estudado, e sim com a prática de sala de aula, enquadra-se nas ações do professor referentes ao fazer escola (JIMENEZ-ALEXANDER et al., 2000).

---

<sup>11</sup> Disponível em: <<http://phet.colorado.edu/en/about>>. Acesso em: 21.11.2013.

Quadro 39 – Seção da sequência didática sobre o efeito fotoelétrico

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO QUESTÃO
1 0:00	P: Pessoal, qual vai ser o nosso próximo passo? Pessoal, nosso próximo passo é o seguinte ó. A gente vai estudar agora, pensando nesta parte de modelos, tudo que a gente vai fazer agora, a gente tem que centrar um pouco, tem que focar nossa atenção nessa parte de modelos.	P [gesticula com as mãos no ar].	P: Gestos retóricos 1 [organização – fazer escola]

Embora a questão não seja específica do fazer ciência, representa uma interrupção do assunto anterior, e, juntamente com as frases na sequência, que constituem esse turno, um chamado à abordagem de outro tema. Essa quebra não é abrupta, mas tênue e contextualiza o uso de modelo e efeito fotoelétrico: “A gente vai estudar agora, pensando nesta parte de modelos; tudo que a gente vai fazer agora, a gente tem *que* centrar um pouco, tem *que* focar nossa atenção nessa parte de modelos”.

Procura-se nas questões propostas e ações empregadas pelo professor, nesse momento inicial a proposição do problema, que é juntamente com o trabalho em torno das hipóteses o marco do emprego de ensino por investigação (CARVALHO, 2013). Nesse intuito, passa-se a considerar como condutora principal de nossa análise a ordem cronológica das ocorrências em sala de aula, porém se reconhece que alguns assuntos serão melhor abordados conectados a turnos subsequentes em que os alunos retomam alguns assuntos. Devido a riqueza de dados gerados em pequenos intervalos de tempo, optou-se por dividir os turnos em pequenos trechos das falas, e no discurso inicial do professor esses trechos possuem uma ou duas questões, que serão designadas pela letra Q e numeradas de 1 a 30.

A primeira clara referência ao fenômeno fotoelétrico foi realizada com apelo ao aspecto visual da simulação do PhEt. O professor projeta a tela do applet para a turma e declara ser aquele o fenômeno.

Quadro 40 – Apelo ao aspecto visual da simulação

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO QUESTÃO
1 0:00	P: Pessoal, qual vai ser o nosso próximo passo? Pessoal, nosso próximo passo é o seguinte ó. A gente vai estudar agora, pensando nesta parte de	P [gesticula com as mãos no ar]	P: Gestos retóricos Q.1 [organização – fazer escola]

	modelos, Tudo que a gente vai fazer agora a gente tem <i>que</i> centrar um pouco, tem <i>que</i> focar nossa atenção nessa parte de modelos.		
4 0:39	P: Pessoal, o fenômeno era exatamente esse daqui. É um fenômeno chamado efeito fotoelétrico.	T [O professor aponta a projeção no quadro]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana P: Linguagem verbal científica T: Atenção à imagem na simulação
5 0:48	P: Alguém sabe o que é esse fenômeno, alguém já estudou?  Já ouviu falar desse efeito fotoelétrico?	T [O questionamento faz referência ao applet projetado na tela para visualização de todos os alunos da sala]	P: Linguagem verbal cotidiana P: Linguagem verbal científica T: Atenção à imagem na simulação  Q.2 [concepções prévias - introdutórias - especulativas - identificação] Q.3 [concepções prévias - introdutórias - especulativas - identificação]

Esse relato nos dados desta pesquisa de que a imagem tem correspondência direta com o efeito fotoelétrico aponta para a necessidade de um aprofundamento no estudo dos significados das representações visuais na construção do conhecimento científico escolar, e salienta que esse debate deve chegar aos programas de formação regular e continuada de professores.

O fenômeno não é exatamente o que estava representado na tela. Na tela, havia uma representação icônica para identificação do fenômeno. O professor está trabalhando com essa concepção, de que ao olhar aquela imagem identifica-se o conceito, o efeito fotoelétrico. A imagem não traduz mil palavras sobre o tema; pois não esgota as minúcias do conceito, apenas situa as discussões dentro de parâmetros do tema. Não se pode esperar uma transparência (ROTH, 2003) de um simples *flash* de uma representação. A concepção de identificação e de possibilidade de que o sujeito, ao trabalhar com uma representação imagética, possa situar-se em um contexto, ou acessar outro contexto que lhe permita sentir-se mais próximo das construções dos significados, é entendida como uma intercontextualidade (PAIVA et al., 2012) e destaca-se essa mesma noção de maneira intuitivamente na fala do professor. “Pessoal, o fenômeno era exatamente esse daqui.”

No turno, T.4, o professor ao mencionar o nome do fenômeno averigua se alguém o conhece pelo nome. Ele já havia demarcado o surgimento do fenômeno em uma cronologia

histórica com unidades seculares e procura fazer uma aproximação do tema junto aos alunos a partir de sua aplicação, destacando uma das aplicações tecnológicas em que se emprega sensores fotoelétrico. Logo em seguida dá a definição do fenômeno.

Quadro 41 – Aplicação tecnológica do efeito fotoelétrico

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO QUESTÃO
6 0:58	P: Talvez esse fenômeno seja uma coisa muito específica. Mas o curioso, pessoal, é que talvez vocês nunca tenham ouvido falar, mas se eu perguntar... Se eu dissesse para vocês, hoje a gente tem um monte de aplicações que se baseiam nesse efeito.	P [aponta a tela] T [Olhando para a tela em que estava projetada a interface do applet]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana P: Linguagem verbal científica T: Atenção à imagem na simulação
7 1:14	P: Vou dar um exemplo bem simples. O sensor da porta, de muitas portas de elevador. O princípio de funcionamento deles, <i>que</i> você chega lá, aperta um botão, a porta abre. Enquanto você fica lá, na entrada, a porta não fecha, não é isso? Tem umas portas que são meio assassinas e podem até fechar. Mas geralmente se você ficar na entrada, ali, a porta não fecha.		P: Linguagem verbal cotidiana Q.4 [Retórica - Identificação]
8 1:34	P: Pessoal, aquele dispositivo que tem ali, que não permite a porta fechar, aqueles sensores que tem ali na entrada da porta, se baseiam no efeito fotoelétrico.		P: Linguagem verbal cotidiana P: Linguagem verbal científica

Esse aspecto de tecer relações entre o conhecimento científico e o tecnológico é um aspecto importante na enculturação científica. Trópia (2011) relatou que, a partir da década de 80, o ensino por investigação passou a estar em dimensões além da aplicação de um método científico e passou a considerar a natureza da ciência e as relações CTS – Ciência Tecnologia e Sociedade. Porém uma proposta realmente investigativa deveria explorar essas perspectivas nas construções dos alunos. Talvez esse aspecto tenha se integrado na concepção de alguns alunos, mas até aqui se vê simplesmente na exposição do professor.

No turno T.9, o professor, a partir de uma questão, define o efeito fotoelétrico: “Pessoal, o que é o efeito fotoelétrico em poucas palavras?”. E refaz isso, também, nos turnos a seguir:

Quadro 42 – Definição do efeito fotoelétrico

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO QUESTÃO
15 2:47	P: O que é o efeito fotoelétrico? É a capacidade que você tem de jogar luz em uma superfície metálica e você ejetar elétrons. Então, toda vez que você jogar luz aqui, essa luz produz esse efeito. O efeito é expulsar elétrons aqui do metal.	P [Apontando a representação da placa metálica na tela] T [Olhando a tela com a projeção do applet]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana P: Linguagem verbal científica T: Atenção à imagem nas simulações Q.7 [Retórica – identificação - transição de linguagem - sistematização]
16 2:38	P: Só que tem um detalhe. Isso aí é o que os físicos percebiam. Vamos dizer assim, era equivalente a isso daqui. A gente dá uma caixinha na mão você puxava isso daqui ia pra lá. Aqui é o que os físicos percebiam. Quando eles olhavam isso aqui, o efeito era esse. Você joga a luz, <i>ejetava</i> elétrons.	P [Apontando a projeção do applet.] T [Olhando a tela com a projeção do applet.]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana P: Linguagem verbal científica T: Atenção à imagem nas simulações
0.17 3:08	P: Agora a pergunta é: Por que isso acontecia? Era isso que eles tentavam responder. E aí, pessoal, para responder isso veio uma série de problemas: O que eu queria que nós fizéssemos hoje, pessoal, que nós aproveitássemos é o seguinte.	P [Apontando a projeção do applet] T [Olhando a tela com a projeção do applet]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem nas simulações  8 [Problematização - Contextualização – o problema com a ocasião de desenvolvimento inicial - histórico do conceito]
18 3:44	P: Então, oh, o que <i>que</i> é o efeito fotoelétrico? É essa capacidade que a luz tem de ejetar elétrons, quando a luz bate em superfícies metálicas. Qual <i>que</i> vai ser a nossa tarefa, pessoal? A tarefa é o seguinte: <i>pra</i> gente estudar o efeito fotoelétrico, precisamos de um simulador.		P: Linguagem verbal cotidiana P: Linguagem verbal científica  Q.9 [Retórica - identificação e transição de linguagem - sistematização] Q.10 [Organizacional - Fazer escola]

A pergunta Q.7, realizada pelo professor no turno T.15, não é um problema nem sequer um exercício, por ser apenas retórica. Toda pergunta é retórica em um discurso, mas, neste caso, os alunos não tiveram a oportunidade de a assimilarem nem tampouco de esboçarem ou sentirem qualquer sensação pela situação de estarem diante da pergunta. A pergunta não representou um desafio, e isso fica claro nos dados, porque não houve um

intervalo de tempo entre o final da pergunta e a resposta apresentada pelo professor. Ele fez a pergunta e seguiu com a resposta, e, portanto, essa pergunta, semelhantemente à sua recolocação, pergunta tanto quanto a resposta, no turno T. 18, está no contexto de oratória do professor, na metodologia empregada em sua maneira de apresentar seu discurso, e tem a função de auxiliar os alunos a fazerem a transição da linguagem imagética para a linguagem verbal.

Inicialmente, o professor havia apresentado o efeito fotoelétrico como “isso aqui”, no turno T.1. Ele projetou a interface do applet na tela, apontou a imagem e categoricamente afirmou que aquilo era o efeito fotoelétrico, mas agora ele passa a descrever o conceito em linguagem verbal, no turno T.15 e T.18, e empregou as perguntas Q.7 e a refez Q.9, para fazer essa transição e propiciar a identificação do efeito fotoelétrico, a partir da representação imagética, e também a partir do nome atribuído a esse conceito.

#### **4.5.2.1 Classificação para as formas de perguntas**

Embora o professor tenha participado de reuniões semanais sobre a aplicação dessa sequência didática e a promoção do caráter investigativo, essa mudança, de aplicador de aulas tradicionais para posturas propiciadores de práticas investigativas, tem se mostrado árdua. Facilmente, os novos aplicadores de posturas investigativas no ensino recaem nas velhas práticas tradicionais. Dar respostas é um paradigma da sociedade sobre o papel do professor. Porém, na perspectiva investigativa, o professor deve saber propor problemas e possibilitar condições para que os alunos apresentem hipóteses. Essa orquestração da sala de aula envolve saber esperar as articulações dos alunos, quando desafiados para a resolução de um problema.

Naturalmente, atividades propostas em sala de aula têm introdução e orientações preliminares por parte do professor, e isso mesmo em práxis investigativas. Porém, é necessário compreender o que é o problema. Qual sua amplitude? Ou até onde vai sua abordagem? A ansiedade até este momento da análise é o que restará como problematização para o aluno? Restou-lhes um problema, ou apenas um exercício?

Para compreender essas questões e outras associadas, observa-se como Souza e Sasseron (2012) constroem uma categorização para os tipos de perguntas em aulas investigativas de Ciências e as classificam em: perguntas de problematização; perguntas sobre dados; perguntas exploratórias sobre o processo; perguntas de sistematização. Essas perguntas estão em etapas bem definidas do ensino por investigação, e, apesar de se ter tentado categorizar as perguntas de nossos dados com esta categorização, na aula do efeito

fotoelétrico não foi possível, porque as etapas estavam dilatadas, não na aula, mas na sequência didática, e a atividade sobre o efeito fotoelétrico parece ter sido empregada apenas para recolocar o problema, tema maior da sequência: “Se a luz é onda ou partícula?” Os dados mostram que o foco da aula não está em explorar os conhecimentos possíveis de se construir a partir do estudo do efeito fotoelétrico, e sim no uso do simulador, na identificação do efeito fotoelétrico e na compreensão das diversas formas de representação e de transições entre elas.

Logo, optou-se por classificar as perguntas nessa aula como: problematizadora (P), apenas retórica (R), de organização (O), de sistematização (S), de identificação (I), de articulação das representações (D), de contextualização (C), questões reduzidas a partir do problema (Q) e outras (Z).

Entende-se **pergunta problema** ou problematizadora, como descrito por Souza e Sasseron (2012) e se apresenta em Carvalho et al. (1999), Trópia (2011), Munford e Lima (2007) e Carvalho (2013), como situação difícil, cuja solução não é evidente nem fechada e demanda um processo investigativo para resolução. **Perguntas apenas retórica** àquelas cuja resposta é evidente ou não necessitam sequer de respostas, estão presentes apenas para unir partes do discurso. **Perguntas de organização** podem tanto se referir aos dados quanto ao processo, com maior vínculo ao “fazer escola”, de um gerenciamento das atividades. **Perguntas de sistematização** permitem compor informações na síntese verbal do conhecimento construído. **Perguntas de contextualização** auxiliam a situar a atividade desenvolvida em um contexto histórico, de aplicação ou no espaço escolar. Já **Perguntas de redução do problema** delimitam o problema, reduzindo-o a uma questão simplificada.

A seguir, apresentam-se as trinta perguntas feitas pelo professor do turno T.1 ao turno T.30, em que iniciou a fala sobre o efeito fotoelétrico e o enquadramento dessas perguntas conforme a classificação acima. Na primeira coluna, está uma numeração ordenando as perguntas, segundo a ordem em que apareceram no discurso do professor; na segunda coluna está a numeração correspondente ao turno em que se encontram as perguntas e o instante de início do respectivo turno; na terceira coluna está a pergunta; e na quarta coluna o enquadramento.

Quadro 43 – Classificação das perguntas

Nº	TURNO	PERGUNTA	ENQUADRAMENTO
1	1 0:00	Pessoal, qual vai ser o nosso próximo passo?	Organização – fazer escola
2	5 0:48	Alguém sabe o que é esse fenômeno, alguém já estudou?	Concepções prévias – introdutórias – identificação

3	5 0:48	Já ouviu falar desse efeito fotoelétrico?	Concepções prévias – introdutórias – identificação
4	7 1:14	O sensor da porta, de muitas portas de elevador... Enquanto você fica lá, na entrada, a porta não fecha, não é isso?	Retórica – identificação
5	9 1:44	Pessoal, o que é o efeito fotoelétrico, em poucas palavras?	Retórica
6	14 2:37	Pessoal, o que todo metal tem em grande quantidade? Elétrons.	Retórica – identificação – transição de linguagem – sistematização
7	15 2:47	O que é o efeito fotoelétrico? É a capacidade que você tem de jogar luz em uma superfície metálica e [de] você ejetar elétrons.	Retórica – identificação – transição de linguagem – sistematização
8	17 3:25	Por que isso acontecia?	Problematização – contextualização – o problema com a ocasião de desenvolvimento inicial-histórico do conceito
9	18 3:44	Então, oh, o que <i>que</i> é o efeito fotoelétrico?	Retórica – identificação e transição de linguagem – sistematização
10	18 3:44	Qual que vai ser a nossa tarefa, pessoal?	Organizacional – fazer escola
11	20 4:23	Aqui, qual é a ideia, do simulador?	Retórica – organizacional – uso do applet
12	20 4:23	Mas eu posso colocar alumínio, eu posso colocar outro, o metal que eu quiser. Dentre os que aparecem ali, tá?	Retórica – dados
13	21 4:49	E aí, qual é a música?	Desatento
14	21 4:49	Qual é a ideia?	Organização
15	21 4:49	É o seguinte: eu tenho uma lanterna ali; qual vai ser a finalidade da lanterna?	Retórica – dados
16 17	21 4:49	Será que toda luz, que eu jogar ali em cima, ela consegue arrancar elétrons ali? Ejetar elétrons?	Problema – lúdico
18	22 5:14	Será que sempre que eu joga luz aqui, em cima desse metal, será que qualquer luz?	Problema – lúdico – dados – applet
19	23 5:25	Será que qualquer cor de luz arranca elétrons, ali, daquele metal?	Problema – lúdico – desenho no computador
20	26 6:05	Então, ó. Qual é o metal que está ajustado, aqui inicialmente?	Retórica – organizacional – dados – desenho no computador
21	27 6:30	O que significa mudar a cor da luz?	Retórica – transição para Linguagem científica – síntese das aulas passadas
22	28 6:53	...o que ocorre, quando você modifica ali o comprimento de onda?	Redução do problema – transição da linguagem científica – direcionamento excessivo
23	28 6:53	...quando você muda a cor, será que qualquer cor de luz, que arranca elétrons daqui?	Redução do problema – lúdico – desenho no computador – direcionamento excessivo
24	29 7:04	Você acha que isso acontece, pra qualquer cor de luz?	Redução do Problema – lúdico – direcionamento excessivo
25	31 7:44	Aí você pode ir para o vermelho, laranja, o amarelo, verde, azul, anil; nesse lado aqui você já está no violeta. E <i>pra</i> cá você já passou <i>pro</i> ultravioleta. E o ultravioleta, você também não enxerga. Tá bom?	Retórica – identificação – articulação com o desenho.
26	33 8:32	Então, o que vocês vão ter que fazer?	Organizacional
27	33	Então, a pergunta é: Será que qualquer cor	Problema – lúdico – linguagem

	8:32	de luz faz os elétrons saírem?	científica
28	36 9:11	Ficar mudando aqui, a cor da luz para você ver quando elétrons saem. Beleza?	Organizacional processo – lúdico – linguagem científica
29	36 9:11	Pessoal, deu mais ou menos para ver como é essa atividade?	Organizacional – conferência das orientações
30	36 9:11	Então eu vou ver se lá está aberto, e a gente vai <i>pra</i> lá. <i>Tá</i> legal?	Retórica – organizacional

Na tabela a seguir, caracterizaram-se as perguntas realizadas neste discurso inicial, do professor, sobre a atividade de simulação do efeito fotoelétrico, pelo traço mais evidente dos enquadramentos em que cada pergunta possa situar-se. Por exemplo, a pergunta Q.20: “Qual é o metal que está ajustado, aqui inicialmente?”, ocorrida no turno T.26, que se iniciou no instante 06:05. O professor, seguindo um roteiro de leitura da tela do applet, está organizando o desenvolvimento da atividade, procurando pontuar aspectos que devem ser observados e tomados como dados. A atenção visual é para a representação imagética projetada na tela. Porém, enquadrou-se essa questão como retórica. Os alunos poderiam chegar às informações decorrentes dessa questão sem a sua colocação, mas, mesmo assim, a resposta é tão evidente que o professor não a responde e não dá tempo para qualquer possibilidade de formulação de resposta. Ele orienta que esse parâmetro não seja considerado na atividade, direcionando à atenção dos alunos para a frequência luminosa, como se nota na transcrição desse turno, T.20: “Então, ó. Qual é o metal que está ajustado, aqui inicialmente? A gente vai deixar ajustado no sódio. E aí o que a gente vai tentar responder é isso daqui. A gente percebe que você pode mudar ali em cima a cor da luz que você está jogando aqui nessa superfície metálica”.

Quadro 44 – Panorama da categorização das perguntas

Pergunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Categoria	O	CI	CI	I	I	DI	I	P	I	O	O	D	*	O	D
Pergunta	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Categoria	QL	QL	QD	QL	D	LC	LC	QL	Q	DI	O	QL	QL	O	O

Em um estudo quantitativo feito em Portugal voltado para a verificação das ocorrências de perguntas em aulas de Física, Hargie (HARGIE, 1983, apud MENEZES, 1996) observou as aulas de diferentes professores em seis classes de séries equivalentes ao Ensino Médio brasileiro e verificou que os professores fazem, em média, uma pergunta a cada 72 segundos quando discursam. Destas, 38% não são respondidas pelos alunos e a maioria implica somente *no* resgate da memória, sendo que somente a minoria demanda reflexões para a construção de novos saberes. A pergunta se torna uma operação corriqueira para confirmar algo ou alguma forma de vício no discurso do professor. (SOUZA; SASSERON, 2012, p. 31).

O professor fez trinta perguntas em 10 minutos e 14 segundos, embora não estivessem distribuídas uniformemente em relação a esse intervalo de tempo, vê-se que nos 35 turnos em que se dividiu o discurso do professor sobre a atividade a ser desenvolvida, em alguns aparecem quatro perguntas e em outros não há perguntas, mas em média há três perguntas por minuto, ou o equivalente a uma pergunta a cada 20 segundos.

Tabela 11 - Frequência dos tipos de perguntas

Enquadramento	Frequência
Perguntas de organização	7
Perguntas de contextualização	2
Perguntas de identificação	4
Perguntas para articulação das imagens	6
Problema	1
Outras perguntas	1
Perguntas que delimitam o problema, reduzindo-o	8
Problemas para articulação da Linguagem científica	2

A pergunta 25, desse turno, classificada como “apenas retórica”, quando o professor informou aos alunos que eles não enxergam raios ultravioleta e indagou: “*Tá bom?*”. Estando bem ou não, não faz diferença. Não há resposta a essa pergunta que mude o fato dos raios ultravioleta não serem visíveis ao olho humano. A fala do professor tem caráter retórico. Das trinta perguntas por ele realizadas respondeu quatorze (as perguntas: 1, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 20, 21, 25 e 26). Ou seja, quase 50% das perguntas não se dirigiam ao aluno, somente faziam parte do estilo empregado na sua fala. Das restantes, oito eram repetições da mesma pergunta (as perguntas: 16, 17, 18, 19, 22, 23, 27 e 28). Apenas uma reorganização das palavras e em quase todas há uma redução do problema a uma situação lúdica, redução a uma rotina ao usar o applet.

Quadro 45 – Várias relocalizações de uma pergunta

Nº	TURNO	PERGUNTA	ENQUADRAMENTO
16 17	21 4:49	Será que toda luz, que eu jogar ali em cima, ela consegue arrancar elétrons ali? Ejetar elétrons?	Problema – lúdico
18	22 5.14	Será que sempre que eu joga luz aqui, em cima desse metal, será que qualquer luz?	Problema – lúdico – dados – applet
19	23 5:25	Será que qualquer cor de luz arranca elétrons, ali, daquele metal?	Problema – lúdico – desenho no computador
22	28 6:53	...o que ocorre, quando você modifica ali o comprimento de onda?	Redução do problema – transição da linguagem científica – direcionamento excessivo
23	28	...quando você muda a cor, será que qualquer	Redução do problema – lúdico

	6:53	cor de luz, <i>que</i> arranca elétrons daqui?	– desenho no computador – direcionamento excessivo
24	29 7:04	Você acha que isso acontece, <i>pra</i> qualquer cor de luz?	Redução do Problema – lúdico – direcionamento excessivo
27	33 8:32	Então, a pergunta é: Será que qualquer cor de luz faz os elétrons saírem?	Problema – lúdico – linguagem científica
28	36 10:14	Ficar mudando aqui, a cor da luz para você ver quando elétrons saem. Beleza?	Organizacional processo – lúdico – linguagem científica

Restaram duas questões aos alunos: na primeira, no turno T.15, o professor descreveu parcialmente o efeito fotoelétrico, e perguntou no turno T.17 (Pergunta 8): “Por que isso acontecia?”. E a segunda, como descrita no turno T.23 (Pergunta 19): “Será que qualquer cor de luz arranca elétrons, ali, daquele metal?”.

A colocação do problema não parece ser o maior objetivo do professor. Ele apresenta o problema em uma única questão. Mas se veem perguntas para articulação, das imagens (6), com a linguagem científica (2), do problema reduzido à questão lúdica (8), ou seja, a transição entre as representações denota maior esforço do professor. Essa preocupação foi mencionada por Lemke (2002), Souza e Sasseron (2012), que, citando Martins et al., expõem:

aprender Ciências necessariamente exige o emprego de uma pluralidade de meios de comunicação de forma coordenada, e a construção de novas significações resulta também da interação dos diversos sistemas de representação. Para eles, a forma de se conseguir essa pluralidade de meios de comunicação em sala de aula passa necessariamente pela interação entre os sujeitos envolvidos. Para que isso ocorra, as atividades implementadas devem privilegiar as discussões, os debates, as exposições de ideias e percepções dos alunos diante de um conceito ou fenômeno. Em suma, devem ser problematizadoras. (MARTINS et al., 1999, p. 30).

Empregar diversas representações durante a construção do conhecimento é natural da área científica e salutar que essa prática epistêmica seja vista nas ações em sala de aula. Nas proposições iniciais, para realização da atividade, nota-se, nos dados desta pesquisa, que o professor dedica-se a destacar a necessidade de atenção visual para partes da *home page* do applet. Como emprego de várias questões, ele auxilia os alunos a realizarem a leitura imagética da simulação, com linguagem verbal que se emprega no cotidiano e, às vezes, introduzindo novas palavras, como efeito fotoelétrico, empregando linguagem científica. Às vezes valendo-se de gestos associando a fala à imagem, às vezes alternando entre um modo de linguagem e outro. Essas transições entre os modos de representação, entre as linguagens que podem representar um fenômeno, têm sido consideradas essenciais no processo de educação científica (LEMKE, 2002; LABURÚ; SILVA, 2011). Porém, Lemke (2002) adverte que exatamente essa transição é o que nossos alunos não sabem fazer, e o professor mostrou a

importância dessa consideração, ele realizando várias transições. O ensino por investigação tem essa finalidade, entre outras, de proporcionar a realização de ações pelos alunos, o que o professor não fez.

#### 4.5.2.2 Os modos de comunicações empregado pelo professor

Os dados neste episódio inicial, com 37 turnos, de orientação sobre a atividade que seria realizada junto à simulação, mostram 49% das ações de comunicação do professor ocorreram em linguagem verbal. Nos 37 turnos, essa linguagem era basicamente de termos do cotidiano, mas em 22 destes turnos havia termos de conteúdo específicos da linguagem científica. A tabela a seguir mostra a frequência com que esses termos apareceram na fala do professor, durante esse episódio.

Tabela 12 - Frequência de termos da ciência empregado pelo professor

<b>Palavras de ciências</b>	<b>Frequência</b>
<b>Modelo</b>	2
<b>Fotoelétrico</b>	9
<b>Elétrons</b>	12
<b>Frequência</b>	4
<b>Intensidade da luz</b>	3
<b>Comprimento da onda</b>	3
<b>Infravermelho</b>	3
<b>Ultravioleta</b>	3
<b>Espectro</b>	1

Algumas dessas palavras têm similaridade com termos do cotidiano, mas são termos específicos relativos ao fenômeno estudado, tal como frequência; no caso do quadro anterior, a frequência empregada pelo professor refere-se à frequência da onda eletromagnética associada a uma cor específica. Ocorreram turnos sem a presença desses termos e outros em que havia mais de um termo científico, tal como o turno T.27, em que duas vezes foi citado “comprimento de onda” e quatro vezes foi citado “frequência”, e o turno T.32, em que aparecem as palavras “infravermelho”, “espectro” e “ultravioleta”.

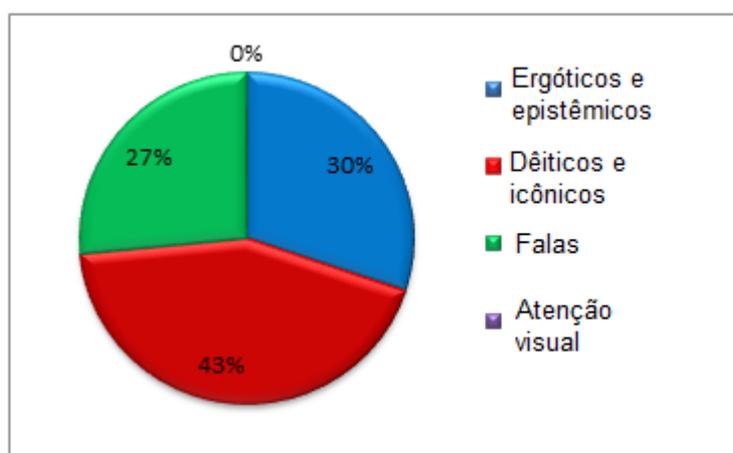
Nota-se, em alguns turnos, a tentativa de emprego de linguagem comum, em temas especializados das ciências, tal como no turno T.12: “Toda vez que você jogava luz aqui, em cima dessa superfície metálica, dependendo da luz que você jogava, você conseguia produzir esse efeito aqui. Ó.” Porém, a omissão do termo científico teve por consequência a necessidade de composição da fala com as representações imagética e a imprecisão na linguagem. Não deveria ser empregado “dependendo da luz”, mas, dependendo da frequência, uma vez que cada luz, e intui-se que o professor esteja se referindo à determinada cor, e para cada cor há uma banda de frequências.

O momento de desenvolvimento da fala, na busca de uma comunicação eficiente, procurando modular a linguagem cotidiana com o emprego de termos específicos da linguagem científica, empregando apelo às representações visuais mediadas, às vezes, por gestos dêiticos e outras por gestos icônicos, resultou numa modulação de modos semióticos expressos no quadro a seguir:

Tabela 13 - Modos semióticos na expressão do professor

<b>Interações</b>	<b>Percentual</b>
Ergóticos e epistêmicos	0%
Dêiticos e icônicos	30%
Falas	43%
Atenção visual	27%

Gráfico 7 - Modos semióticos empregados pelo professor



Tem-se observado a atenção visual em três modalidades: atenção aos objetos no decorrer de um experimento, atenção aos desenhos desenvolvidos pelos participantes nos episódios selecionados (professor ou alunos) e a uma imagem produzida na tela de computadores. No caso desse episódio, com o uso da simulação, houve exclusivamente a

atenção visual solicitada para o applet. A maneira empregada para frisar detalhes no applet foi por meio de gestos dêiticos (ROTH; LAWLESS, 2002). Esse destaque à atenção visual é, sobretudo qualitativo, demarcando a relação do emprego de atenção visual em relação ao uso da linguagem verbal. Assim, às vezes, há mais que uma única ocorrência da atenção visual em um turno, como na amostra dos cinco turnos, tomado a seguir, do turno T.20 ao turno T.25. Nesses seis turnos, há indicação na fala a dez destaques ao applet, assinalados com os grifos, a seguir.

Quadro 46 – Destaques à atenção dada ao aspecto visual do applet

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO QUESTÃO
20 4:23	<p>P: Aqui, qual é a ideia, do simulador?</p> <p>A ideia do simulador basicamente é a seguinte:</p> <p>Aqui eu tenho a superfície metálica.</p> <p>Essa superfície metálica, ela é feita de um determinado metal. E eu posso escolher o metal que eu uso. Então, por exemplo, quando eu rodo o programa, esse metal que tem aqui, ele já vem ajustado automaticamente <i>pra</i> ser sódio.</p> <p>Mas eu posso colocar alumínio, eu posso colocar outro, o metal que eu quiser. Dentre os que aparecem ali, <i>tá?</i> Mas, no começo ele está ajustado <i>pro</i> sódio.</p>	P [Durante sua fala, aponta na projeção da página do applet as respectivas posições a que faz referência]	<p>P: Gestos dêiticos</p> <p>P: Ling. verbal cotidiana</p> <p>P: Atenção à imagem nas simulações</p> <p>11 [Retórica - organizacional - uso do applet]</p> <p>12 [Retórica - Dados]</p>
21 4:49	<p>P: E aí, qual é a música? Qual é a ideia? É o seguinte: eu tenho uma lanterna ali; qual vai ser a finalidade da lanterna?</p> <p>Jogar luz, em cima da superfície metálica.</p> <p>A pergunta é:</p> <p>Será que toda luz que eu jogar ali em cima, ela consegue arrancar elétrons ali? Ejetar elétrons?</p>	P [Durante sua fala, aponta na projeção da página do applet as respectivas posições a que faz referência.]	<p>P: Gestos dêiticos</p> <p>P: Linguagem verbal cotidiana</p> <p>P: Atenção à imagem nas simulações</p> <p>13 [Desatento]</p> <p>14[Organização]</p> <p>15 [Retórica – Dados]</p> <p>16 e 17 [Problema – Lúdico]</p>
22 5:14	<p>P: Será que sempre que eu joga luz aqui, em cima desse metal, será que qualquer luz? Vou até</p>		<p>P: Gestos dêiticos</p> <p>P: Linguagem verbal cotidiana</p> <p>P: Atenção à imagem nas</p>

	melhorar minha pergunta.		simulações 18 [Problema - Lúdico -Dados - Applet]
23 5:25	P: Será que qualquer cor de luz arranca elétrons, ali, daquele metal?	P [Durante sua fala, aponta na projeção da página do applet as respectivas posições a que faz referência]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana P: Atenção à imagem nas simulações 19 [Problema - Lúdico - desenho comp]
24 5:31	P: Então, o que eu queria que a gente tentasse estudar é um pouco disso.	P [Durante sua fala, aponta na projeção da página do applet as respectivas posições a que faz referência]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana P: Atenção à imagem nas simulações
25 5:35	P: Então, ó, quando você roda o programa, pessoal, dá pra ajustar alguns parâmetros no simulador. Então, por exemplo, você consegue ajustar a intensidade da luz. Você consegue deixar a luz mais intensa, ou menos intensa.  Você pode deixar a luz mais forte ou mais fraca. Isso é intensidade.  A gente vai manter aquele ajuste da intensidade, lá em cima, cinquenta por cento. Vamos deixar cinquenta por cento inicialmente.	P [Durante sua fala, aponta na projeção da página do applet as respectivas posições a que faz referência]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana P: Atenção à imagem nas simulações

Os aspectos relatados no quadro anterior, juntamente com um olhar para o diagrama de fluxo das ações do professor na comunicação para proposição do problema e com orientações sobre a atividade, permitem compreender que a comunicação foi multimodal. Ele não traduziu todos os detalhes da representação visual em linguagem verbal e chamou a atenção dos alunos para o applet, pois sua fala necessitava da atenção visual, exatamente nos aspectos por ele apontados para a composição do sentido.

Quadro 47 – Fluxo das interações com os vários modos semióticos

T U R N O S	Modos Semióticos										
	Mov. ergóticos	Mov. epistêmicos	Gestos. dêiticos	Gestos. icônicos	Ling. verbal cotidiana	Ling. verbal científica	Analogia material	Analogia formal	Atenção à imagem visual	Atenção à imagem pictórica	Atenção à imagem nas simulações
1											
2					P	P					
3											
4					P	P					
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											

Quando empregou pronomes demonstrativos para apenas apontar alguns aspectos visuais, sem transliterá-los em linguagem verbal, restou ao aluno essa função. E é necessário prover oportunidades para essa manifestação na atividade prática e lúdica. Nesse trânsito de ir e vir, da representação visual à linguagem verbal, transitar entre, pelo menos, dois modos de linguagens em que se faz ciência (LEMKE, 2006), estruturando de forma melhor a linguagem verbal, tem sido nossa expectativa que, haverá indícios de proficua aprendizagem construída. Souza e Sasseron, a partir das concepções de Bakhtin (2000) e de Vygotsky, descrevem:

há uma relação íntima entre o desenvolvimento da linguagem e o desenvolvimento do pensamento, ou seja, é por meio da estruturação da linguagem que se concebe um significado, e é por meio das articulações desses significados que a aprendizagem se dá em relação ao mundo. (SOUZA E SASSERON, 2012, p. 30).

Porém, estão claras as ressalvas. Esse trânsito é limitado. Muitas vezes, não é possível transformar aspectos visuais em linguagem verbal (PERINI, 2005), e há aspectos do conhecimento que são comunicados de maneira mais eficiente e completa em outras modalidades de linguagem que não a verbal (LEMKE, 1998).

#### 4.5.2.3 A proposta do problema enquadrada no TAP

Há uma seleção de falas do professor que pode ser enquadrada no padrão de argumentação de Toulmin (1958). Essa sequência de turnos, do turno T. 15 ao T.18, tem como **dado** a declaração verbal de que, ao se lançar luz sobre uma placa metálica, há a ejeção de elétrons e semelhantemente à forma de colocação dos **dados** na primeira aula. Também nessa aula, isso foi feito com linguagem híbrida. O professor empregou linguagem verbal e simultaneamente explorou a atenção visual para o applet. No turno T.15, tem-se:

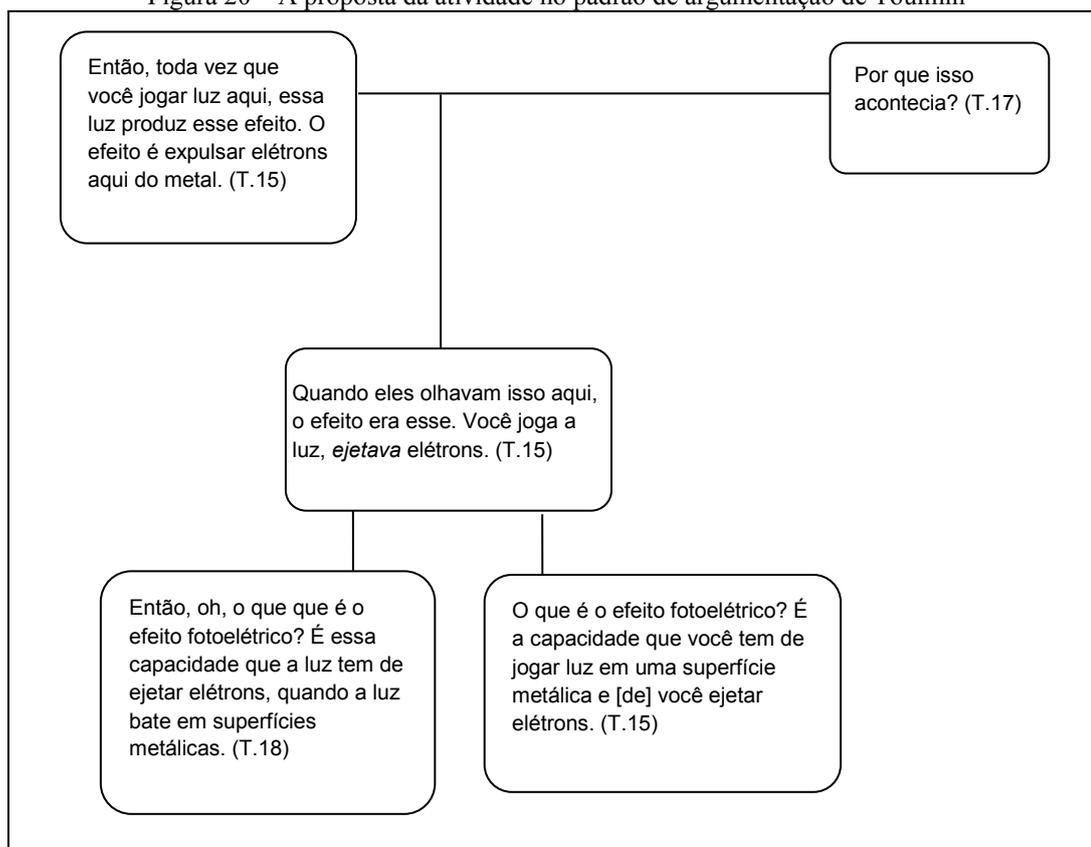
Então toda vez que você jogar luz aqui, essa luz produz esse efeito. O efeito é expulsar elétrons aqui do metal.

A **justificativa** nesse processo de argumentação é a evidência vista na simulação, e declarada no turno T.16. Já que: “Quando eles [os cientistas] olhavam isso aqui, o efeito era esse. Você joga a luz, *ejetava* elétrons”. O **apoio** é a exposição do significado conceitual, o efeito fotoelétrico. Embora tenha grande semelhança, nesse enquadramento das falas do professor, o dado e o apoio são distinguíveis exatamente na expressão categórica do professor sobre o conceito efeito fotoelétrico declarada duas vezes nos turnos T.15 e T.18.

O turno T.15 é iniciado com uma definição do efeito fotoelétrico: “O que é o efeito fotoelétrico? É a capacidade que você tem de jogar luz em uma superfície metálica e [de] você ejetar elétrons”. E, no turno T.18, o professor fecha essa seção recolocando a definição: “Então, oh, o que *que* é o efeito fotoelétrico? É essa capacidade que a luz tem de ejetar elétrons, quando a luz bate em superfícies metálicas”.

A conclusão desse processo de encadeamento das falas reside na colocação do problema. O **dado** é a ejeção de elétrons de uma placa metálica pela incidência da luz; a **justificativa** é a evidência presenciada na simulação. O **apoio** é a definição conceitual do fenômeno, e a **conclusão** está declarada no turno T.17: “Agora a pergunta é: Por que isso acontecia?”. O “Agora a pergunta é” desempenha o “então” no TAP.

Figura 20 – A proposta da atividade no padrão de argumentação de Toulmin



### 4.5.3 Interação do professor com o grupo

A partir deste tópico, serão analisadas as interações na sala de aula, mas com a participação dos alunos. O professor expressou sua intencionalidade de usar a sala de informática para o trabalho com a simulação, mas o responsável pela sala se atrasou, e o professor passou a organizar a realização da atividade na sala de aula. Com apenas um computador, um grupo por vez passou a trabalhar com a simulação. Irá se considerar as ações de dois grupos entre os vários que realizaram a atividade.

#### 4.5.3.1 O primeiro grupo a usar o simulador

O primeiro grupo se alocou em frente ao computador e suas primeiras considerações foram sobre a intensidade da luz. Considerações que ocorreram do turno T.48 ao turno T.52, quando os alunos titubeavam sobre qual deveria ser a intensidade para a realização da simulação. A dúvida é pertinente para considerações sobre em que parâmetro a intensidade da luz afetaria a experiência, a simulação. Seria o momento do surgimento de hipóteses e lógicas

para testá-las, mas o professor estava próximo. Havia apenas um computador e, assim, o professor passou a reforçar as orientações iniciais.

Em uma perspectiva investigativa, esse seria o momento para o professor se afastar do grupo e não se aproximar. Seria o momento de, se estivesse próximo, propor novas questões, e não dar respostas. Esses alunos necessitavam, nesse momento da aula, de um maior intervalo de tempo, para se debruçarem sobre suas dúvidas iniciais.

Quadro 48 – Retomada das orientações ao primeiro grupo

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
53 13:42	P: Ó, então aqui, ó, basicamente a ideia aqui é a seguinte, ó. Ó, aqui já tá ajustado em cinquenta por cento. Então, conforme você vai mudando aqui a frequência, aqui é infravermelho, desse lado aqui é ultravioleta, e aqui é a faixa que a gente enxerga, né? Que vai lá do vermelho até o violeta. Vai mudando de pouquinho em pouquinho aqui pra você ir vendo quando a luz que bate aqui consegue arrancar elétron.	P [Aponta o local na tela em que o ajuste mostra a intensidade da luz. Passa a apontar cada detalhe na tela, do applet, para os alunos]	A1: Mov. Ergóticos P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana P: Linguagem verbal científica T: Atenção à imagem na simulação
54 13:42	P: Aí o que que vocês vão anotar na folha? Vocês vão anotar, na folha vocês vão anotar assim, ó, é... <i>pra</i> cor tal, vão pôr assim, cor tal, anota qual é o comprimento de onda, o comprimento de onda é isso aqui ó, <i>tá</i> , ó, oitocentos e trinta e seis. Esse enezinho é de nanômetro, dez a menos nove. Então, anota, qual é a cor e qual é o comprimento de onda, e o que <i>que</i> aconteceu. Por exemplo, infravermelho, você já pode anotar, infravermelho, o que que <i>tá</i> acontecendo? Solta elétrons ou não?	P [Aponta a folha] A3 [traça algumas linhas em uma folha] P [volta a apontar para a tela do computador]	A1: Movimentos ergóticos P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana P: Linguagem verbal científica T: Atenção aos traços na fola T: Atenção à imagem na simulação

Nessas falas contendo as orientações do professor aos alunos, os gestos dêiticos auxiliam no discurso, pois são elos na transição de atenção entre as linguagens. Os elementos omitidos na linguagem verbal foram substituídos pelo advérbio “aqui” ou por associação com outra palavra em uma locução adverbial, quando o professor aponta (gesto dêitico) o referido tópico na tela do computador.

Nesses turnos, T.53 e T.54, o discurso contém as mesmas incompletudes que tem a linguagem verbal dos alunos, não por faltar vocábulos ou entendimento sobre o tema. Lemke (2002) declara que na linguagem do professor também possui esse aspecto. Por outro lado, a atenção ao aspecto visual tende a suprir essa incompletude, ou comunica, suficientemente, o “aqui”, satisfazendo os temas comunicados por parte do professor. Esse aspecto relevante, a leitura ou transição entre multimodos em que ciência é construída e comunicada, deve compor um dos objetivos do ensino de ciências no presente século, como sugere Lemke (2006). Porém, essa transição deveria ser feita pelos alunos.

Dos turnos T.73 ao T.77, os alunos não empregam gestos, apenas se esforçam por resgatar a palavra empregada pelo professor: nanômetro, o submúltiplo para a unidade de comprimento de onda. O aprimoramento da linguagem na construção do conhecimento científico escolar é defendido por Carvalho (2013) como responsabilidade do professor, que deve fazer isso explorando.

Quadro 49 – Um termo específico da ciência

TURNO TEMPO	FALAS
73 15:56	A2 : [...] Setecentos e trinta e seis, <i>senão</i> aqui, ó...
74 16:00	A3 : Não o... como <i>é que</i> fala?
75 16:04	A2 : Infravermelho.
76 16:05	A3 : Não, eu sei... não o...
77 16:07	A4 : Nam... esqueci...

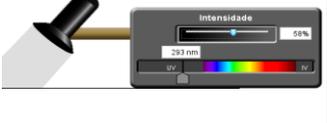
Esse primeiro grupo de alunos teve seu primeiro contato com a simulação, mas não trabalhou até concretizar pelo menos uma das possibilidades de conclusão, referente à simulação. A atuação do grupo foi exatamente de primeiros contatos. A partir do turno T.38, um grupo distinto passa a utilizar a simulação. Nesse grupo, embora a fala do professor continue presente, ocorreram mais interações entre os alunos e junto à simulação.

Nota-se, na práxis do professor de reforçar sua fala, uma orientação para cada grupo. No turno T.38, nota-se sua atuação junto ao grupo de alunos, alvo desta análise. As primeiras falas destacadas nas seções desse turno revelam a fala e as ações do professor para favorecer a compreensão da representação do espectro ilustrado, do infravermelho (IV) ao ultravioleta (UV).

## 4.5.3.2 O segundo grupo a usar o simulador

O segundo grupo que se considera nessa análise utiliza o simulador do turno T.245 ao turno T.325. Assim, os alunos se alocam nas cadeiras em frente ao computador, disponibilizado para realização da atividade; o professor retoma as orientações iniciais e, mais uma vez, empregando linguagem híbrida, pois, simultaneamente, além da linguagem verbal com termos empregados no cotidiano, utiliza também termos próprios da ciência, explora a linguagem imagética na tela do computador e gestos dêiticos para orientar os alunos sobre a que faz referência durante a fala. As orientações iniciais, nos três primeiros turnos desse episódio, transcritos no quadro a seguir, revelam o esforço feito pelo professor para favorecer a compreensão dos alunos dos ícones referentes a algumas radiações do espectro visível no applet.

Quadro 50 – Modos semióticos na orientação do professor

TURNOS TEMPO	FALA E REPRESENTAÇÃO VISUAL	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
245	<p>P: Você vê que aqui, ó, esse lado aqui você tá no infravermelho, tá vendo? Que é o que a gente não enxerga. Infravermelho é abaixo do vermelho. Ó, tá no infravermelho.</p> 	<p>P [Aponta a banda das frequências do infravermelho]</p> <p>T [Todos estão atentos ao applet]</p>	<p>A1: Movimentos ergóticos</p> <p>P: Gestos dêiticos</p> <p>P: Linguagem verbal cotidiana</p> <p>P: Linguagem verbal científica</p> <p>T: Atenção aos traços na folha</p> <p>T: Atenção à imagem na simulação</p>
246	<p>Ó, aqui é a parte que a gente enxerga, né, que vai do vermelho, vai do vermelho até o violeta</p> 	<p>P [Aponta a banda das frequências visíveis]</p> <p>T [Todos estão atentos ao applet]</p>	<p>A1: Movimentos ergóticos</p> <p>P: Gestos dêiticos</p> <p>P: Linguagem verbal cotidiana</p> <p>P: Linguagem verbal científica</p> <p>T: Atenção aos traços na folha</p> <p>T: Atenção à imagem na simulação</p>
247	<p>e acima do violeta você vai ter o ultravioleta.</p> 	<p>P [Aponta a banda das frequências visíveis]</p> <p>T [Todos estão atentos ao applet]</p>	<p>A1: Movimentos ergóticos</p> <p>P: Gestos dêiticos</p> <p>P: Linguagem verbal cotidiana</p> <p>P: Linguagem verbal científica</p> <p>T: Atenção aos traços na folha</p> <p>T: Atenção à imagem na simulação</p>

A quantidade de informações imagéticas presentes na simulação é grande. Martins et al. (2005) destacam o esforço necessário no processo de leitura de uma representação imagética tanto que o professor, no turno T.245, passou a fazer essa leitura, ícone a ícone, diante dos alunos. Inclusive, empregando gestos e meios de apontamentos aos ícones do applet. Inicialmente, ele indica a localização da banda do infravermelho no espectro, assinalado com IV. Além disso, destaca as seguintes características dessa banda de radiações: não são visíveis e a frequência é menor do que a frequência das radiações visíveis, que a frequência da luz vermelha.

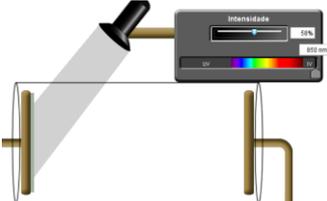
Quando o professor expressa que o “infravermelho é abaixo do vermelho”, torna evidente a incompletude (LEMKE, 2002), mais uma vez na fala do professor, pois os infravermelhos têm frequência menor que a frequência da luz vermelha. Porém, a representação imagética auxilia a compreensão do emprego desses termos. Outro destaque desta representação consiste na tonalidade cinzenta empregada no applet para o infravermelho que invisível ao olhar humano, como destaca o professor, “que a gente não enxerga”. De igual modo, a banda ultravioleta não é visível, mas possui uma tonalidade cinzenta no feixe de luz emitido pela lanterna representada no applet.

Nos turnos T.246, foram apresentadas aos alunos as radiações visíveis, que possuem uma palheta com as cores do espectro do visível, por onde, ao mover o ícone de ajuste, aparece o número e unidade correspondente ao comprimento de onda da respectiva cor. No turno T.247 é mostrada para os alunos a posição do ultravioleta na representação do espectro.

Considerando que a perspectiva empregada em sala de aula deveria ser a de um ensino por investigação, a dinâmica da aula, de ter de possibilitar a todos os grupos passassem pelo computador afetou a aula, e, sem tempo hábil, as características dessas radiações e a maneira como estavam representadas no applet foram expostas pelo professor, o que impossibilitou de colocação e teste das hipóteses por parte dos alunos nestes turnos e nessa aula.

Dos turnos T.248 ao T.252, o professor orientou sobre a forma de varredura a ser realizada sobre o espectro. Nos turnos T.248 e T.250, fala sobre a varredura, no turno T.249, as orientações foram direcionadas para a leitura do comprimento de onda empregado para incidir sobre a placa metálica, e no turno T.251 questiona os alunos se estavam visualizando a ejeção de elétrons.

Quadro 51 – Orientação para leitura de detalhes do applet

TURNOS TEMPO	LINGUAGENS	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
248 34:01	Então, o que vocês têm <i>que</i> fazer? Vocês têm <i>que</i> ir mudando, vocês <i>têm</i> que ir mudando daqui <i>pra</i> cá bem devagarinho, e aí vocês vão vendo quando que arranca elétrons, <i>tá</i> ? 	P [Direcionando os alunos para a leitura do applet] T [Olhando o applet]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana P: Linguagem verbal científica T: Atenção à imagem na simulação
249 34:09	É, isso daqui ó, é o comprimento de onda, <i>tá</i> ? Ó. 	P [Aponta a posição que demarca o comprimento de onda] T [Olhando as posições apontadas pelo professor]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana P: Linguagem verbal científica T: Atenção à imagem na simulação
250 34:14	Então, aqui não <i>tá</i> medido em metro, aqui <i>tá</i> medido em nanômetro. Nano é um valor muito pequeno, dez a menos nove, então ele colocou esse, só pra facilitar pra gente anotar, <i>tá</i> bom? 	P [Direcionando a leitura do applet pelos alunos] T [Olhando o applet e A2 e A4 alternam o olhar para o applet e para o professor]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana P: Linguagem verbal científica T: Atenção à imagem na simulação
251 34:24	P: Então, vocês começam aqui, ó, vai mudando aqui de pouquinho em pouquinho, até vocês perceberem. Aqui, por exemplo, vocês já podem anotar, 	P [Direcionando a leitura do applet pelos alunos] T [Olhando o applet e A12 e A14 alternam o olhar para o applet e para o professor]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem na simulação
252 34:33	P: <i>pra</i> esse comprimento arranca elétrons ou não?	P [Direcionando a leitura do applet pelos alunos] T [Olhando o applet e A2 e A4 alternam o olhar para o applet e para o professor]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana P: Linguagem verbal científica T: Atenção à imagem na simulação
253 34:35	A13: Não.	A13 [responde e gesticula com a cabeça, cooperando com sua afirmativa]	A13: Gestos icônicos A13: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem na simulação

No turno T.249, o professor faz uma afirmação sobre o que seja o comprimento de onda no applet. O apontamento, dêitico, é que o número próximo à palheta que representa o

espectro do IV (infravermelho) ao UV (ultravioleta) corresponde ao comprimento de onda da radiação selecionada. No turno T.250, o professor realiza um gesto apontando o Box com a numeração e a unidade do comprimento de onda. Ele realiza uma pequena explicação acerca do submúltiplo empregado junto à unidade do comprimento de onda, nanômetro, e fornece uma justificativa para o emprego de tal submúltiplo: “*pra facilitar pra gente*”.

Ele retorna ao comando principal da atividade, no turno T.251, varrer os possíveis comprimentos de onda e constatar quando há ejeção de elétrons e, desse modo, coloca a questão de maneira sucinta no turno T.252: “*pra esse comprimento arranca elétrons ou não?*”. Se a análise fosse pautada apenas na linguagem verbal, essa seção seria rotulada na incompletude (LEMKE, 2002b). Porém, é necessário analisar que a frase se encontra em um contexto, imersa em todas as demais colocações, já manifestadas anteriormente, além do contexto visual. A atenção dos alunos está fita na interface do applet empregado na simulação. Assim, a questão proposta é:

A radiação com comprimento de onda, 850 nm, correspondente a uma das radiações em infravermelho, quando incide com intensidade 58%, sobre uma placa metálica, em um dos polos de um circuito elétrico envelopado por uma câmara de vidro, propicia a ejeção de elétrons e, conseqüentemente, o estabelecimento de uma corrente elétrica?

Ainda que haja essa outra forma de descrever o problema com uma maior quantidade de informações que parecem estar implícitas na questão proposta pelo professor, no turno T.252, Perini (2005) adverte que nem sempre a linguagem visual pode ser transliterada em linguagem verbal. No entanto, mesmo que todas as descrições pudessem estar, agora, em linguagem verbal, há outras dimensões na percepção humana, na atenção visual, que justifica sua permanência na evolução humana. Se a percepção visual fosse prescindível e optativo para a interação com o mundo, talvez não se tivesse mais a visão.

Retornando à análise do problema, a permanência deste durante toda a atividade é essencial para orientação e manutenção do objetivo. O professor, ao ter a oportunidade de interagir com esse grupo, reforça qual o problema: (T.252) “*Pra esse comprimento, arranca elétrons, ou não?*”. Porém, essa forma de apresentação da questão restringe as variáveis envolvidas no processo e limitou a resposta dos alunos a uma classificação, sim ou não, além de omitir outros debates pertinentes quanto à natureza da ciência, sobre a representação empregada correspondente ao elétron. A questão se tornou fechada (CARVALHO et al., 1999) a tal ponto que não possibilitou a colocação de hipóteses.

O número de advérbios de localização “aqui, daqui pra cá, ai...” corrobora para a percepção do uso dos gestos dêiticos na exploração do aspecto visual do applet. Não se

classificam movimentos ergóticos, pois não há objetos a serem manuseados sobre o efeito fotoelétrico, a não ser o *mouse* nem como movimento epistêmico a movimentação do mouse, que produz uma percepção visual das bolinhas, representando elétrons se deslocando entre as placas, caracterizando a existência da corrente.

Na sequência, nos turnos T.254 e T.255, o professor orientou os alunos sobre seus registros: o que registrar e onde. Com gestos dêiticos, ele leva os alunos a transitarem entre a representação no applet e no papel. Os gestos são os elementos de vínculo ao serem realizados sobre o applet e sobre o papel. Ele define o que deveria constar no registro. Essa orientação é de uma visão experiente, do professor, sobre a forma mais eficiente de moldar registros nessa situação. Por outro lado, restringe o olhar ao limitar as percepções naturais dos alunos, e restringe a colocação de hipóteses, mesmo sobre maneiras de organizar informações referentes a variáveis relacionados à ciência.

Quadro 52 – Orientação sobre registro dos dados

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
254 34:36	P: Então vocês vão colocar aí: Qual é a cor que vocês têm? Infravermelho.	P [divide a atenção visual dos alunos entre a folha onde os alunos deveriam anotar seus dados e o applet] T [dividindo atenção entre o applet e a folha para respostas]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana P: Linguagem verbal científica T: Atenção a anotações T: Atenção à imagem na simulação
255 34:41	P: Aqui, qual é o comprimento e qual é o resultado, beleza?	P [direciona a leitura e local para anotação dos dados]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana A12, A13 e A16: Atenção a anotações A11, A15 e A14: Atenção à imagem na simulação

#### 4.5.3.3 A ação dos alunos junto ao applet

Quando os alunos assumem o protagonismo da atividade, a partir do turno T.256, e dão sequência na realização da atividade seguindo a orientação do professor, seguem o roteiro da simulação estabelecido pelo primeiro, e, embora não existisse um documento oficial para a atividade, as orientações foram restritivas e enrijeceram os procedimentos, atingindo até a maneira de realizar os registros, como mostrado nos dados da seção anterior.

No turno T.256, a aluna A11 reforçou a questão já apontada pelo professor: “Qual o comprimento?”. A radiação infravermelho empregada possuía um comprimento de onda que

deveria ser anotado. Mas, tendo o professor citado “comprimento” (T.254), a aluna continua a empregar esse termo. Comprimento de onda ficou reduzido a comprimento. O contexto confirma o sentido de que a palavra empregada refere-se a um comprimento em particular, o comprimento de onda. Porém, é salutar o rigor no emprego do termo apropriado, em qualquer processo de aprendizagem, de enculturação científica. Uma das diretrizes na enculturação científica é permitir aos alunos a apropriação dos termos científicos e o emprego de forma correta. Se na fala do professor pode-se perceber que a omissão dos termos “de onda”, em “comprimento de onda”, não descaracteriza sua compreensão, sobre a fala dos alunos, não se pode afirmar categoricamente que isto também ocorra.

A unidade de medida foi assimilada pelo grupo. Apesar de a aluna A12 ter dito apenas o número correspondente ao comprimento de onda da radiação infravermelho, a aluna A13 frisa a unidade. Lemke (1998a) adverte sobre as perdas de dados em uma pesquisa quando se descuida da ênfase dada ao falar, e na fala de A13 quer-se destacar que a maneira de falar põe em destaque a unidade, a tonalidade e nuança na voz foram diferentes das outras participações dessa aluna.

A sucinta resposta, uma classificação quanto à emissão ou não de elétrons pela placa metálica, ao incidir radiação infravermelho sobre ela, dada por duas alunas, no turno T.253: “Não”, infelizmente, satisfaz a questão anteriormente proposta: (T.252) “Pra esse comprimento, arranca elétrons, ou não?”. A questão descaracterizada de práticas investigativas impossibilitou outras intervenções dos alunos, de pensar e propor opções para explicar o ocorrido. No turno T.263, o aluno A12 move o ícone e o posiciona de maneira aleatória na representação do espectro das radiações visíveis.

Quadro 53 – Uma varredura no espectro exposto no applet

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
263 23:14	A12: [...]	A13 [modificou algo no applet] T [Olhando a tela do computador]	A13: Movimento ergótico A13: Movimento epistêmico A12: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem na simulação
264 23:16	A13: Não tô vendo nada.	A13 [Manuseia o <i>mouse</i> ] A13 [a entonação da voz é bastante significativa] T [Olhando a tela do computador]	A13: Movimento ergótico A13: Movimento epistêmico A13: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem na simulação
265 23:17	A11: É, também não tô. Ah, há é...	A13 [Manuseia o <i>mouse</i> ] A11 [Refaz a fala] T [Olhando a tela do computador]	A13: Movimento ergótico A13: Movimento epistêmico A11: Linguagem verbal cotidiana

			T: Atenção à imagem na simulação
266 23:22	A14: Então é tipo azul.	A13 [Manuseia o <i>mouse</i> ] T [Olhando a tela do computador]	A14: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem na simulação
267 23:22	A11: Azul.	A13 [Manuseia o <i>mouse</i> ] A13 e A11 [observando os registros em papel] T [Olhando a tela do computador]	A13: Movimento ergótico A13: Movimento epistêmico A15: Linguagem verbal cotidiana A13 e A11: Atenção a registros no papel T: Atenção à imagem na simulação
268 23:23	A12: Não é melhor ir...?	A12 [aponta uma posição no applet] A13 [observando os registros em papel] T [Olhando a tela do computador, inclusive A13, que oscila entre a atenção aos registros e à tela]	A12: Gestos dêiticos A12: Linguagem verbal cotidiana A13: Atenção a registros no papel T: Atenção à imagem na simulação

Nomear cor de acordo com a percepção visual a partir do espectro da luz visível foi difícil para os alunos e é para qualquer pessoa. A13 e A11 afirmam que não estão vendo nada. Entre as possibilidades a esse relato, está: eles não sabiam para onde direcionar o olhar e perceber que mudança ocorreu com a movimentação do ícone; havia a expectativa de alteração com fantásticos efeitos visuais; e, por fim, embora estivessem olhando para o efeito esperado, não conseguiam definir a cor observada.

Sobre essa dificuldade detectada pelos alunos, destaca-se o fator tempo em que os alunos realizaram essa observação, do turno T.263 ao T.268. Isso ocorreu entre os instantes 35:14 a 35:23, tendo durado 8 segundos que serviram para observar, considerar e definir uma posição, ou seja, a rotina das aulas e das atividades disponibilizam intervalos de tempo extremamente curto para construções e considerações com excelência.

Embora tenham sido alguns segundos de autonomia dos alunos, a intensidade da necessidade do “fazer escola” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; RODRIGUEZ; DUSCHL, 2000) já está inserida na concepção dos alunos, e, portanto, eles deveriam chegar às repostas propostas até o final da aula, apesar de não ter existido qualquer aviso com esse posicionamento de maneira formal. Evidente foi a ansiedade por parte dos alunos para que realizassem a atividade, ali na sala de aula, apenas com um computador.

Outra dificuldade nessa classificação por parte dos alunos é de transformar uma percepção visual em palavras. Isso não é tarefa simples, além da linguagem verbal, que

caracteriza bem aspectos tipológicos (LEMKE, 1999; CARVALHO, 2007; LABURÚ; SILVA, 2011), mas não é a melhor maneira de descrever uma posição no espectro visível. Representar a cor vista com tinta, pintando, mesmo com lápis de cor, talvez retratasse melhor o que estava sendo observado, certamente desde que os lápis ou tintas disponíveis contemplassem a referida cor.

O surgimento desse problema no desenvolvimento da atividade mostra a possibilidade de fazer investigação quando é dado um pequeno espaço para que os alunos realizem construções a partir do ensino de ciências. Porém, havia os fatores do “fazer escola”, “fazer lição” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; RODRIGUEZ; DUSCHL, 2000), limitando essa oportunidade. Eles deveriam ser rápidos porque outros alunos esperavam para usar o computador. A dinâmica da aula os levou a fugir desse problema, e logo resolveram contorná-lo, posicionando o ícone em outra posição no espectro da luz visível, mas o problema permaneceu. Como ser específico em algo tão topológico (LEMKE, 1999).

Nos turnos T.274, T.275 e T.276, os alunos percebem que a caracterização de uma cor tem associado um número, o comprimento de onda. Esse número tipográfico, inserido em um determinado contexto das ciências, em que o número representa o comprimento de onda de uma cor no espectro visível, define pontualmente a tonalidade de cor, e, portanto, elimina a necessidade de uma palavra qualificadora para o tom de vermelho observado.

Quadro 54 – Alternando entre o topológico e o tipológico

TURNOS TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
273 35:31	A14: Então volta, volta e vem vindo.	A14 [simula o deslocamento do ícone, repetidas vezes, com o braço esticado desloca horizontalmente a mão transversalmente diante do corpo]	A14: Movimento icônico A14: Linguagem verbal cotidiana A11 e A12: Atenção à imagem na simulação
274 35:40	A13: Vai, vermelho.	A13 [manuseando o <i>mouse</i> ] A11 [está anotando] T [Olhando para a tela do computador]	A13: Movimento ergótico A13: Movimento epistêmico A13: Linguagem verbal cotidiana A11: Atenção às representações escritas, à tabela T: Atenção à imagem na simulação
275 229 35:42	A12: Não é laranja, isso daí?	A12 [questiona enquanto anota] T [Olhando para a tela do computador]	A12: Linguagem verbal cotidiana A12: Atenção às representações escritas, à tabela T: Atenção à imagem na simulação
276	A13: Não, agora é	A13 [manuseia e confere a	A13: Movimento ergótico

35:43	vermelho. Setecentos e sessenta e quatro	anotação] T [Olhando para a tela do computador]	A13: Movimento epistêmico A13: Linguagem verbal cotidiana A11, A13 e A14: Atenção às representações escritas, à tabela T: Atenção à imagem na simulação
277 35:51	A11: Sessenta?	T [Olhando para a tela do computador]	T: Atenção à imagem na simulação
278 35:52	A13: É. Nanômetros.	A11 e A14 [Olham a tela e olham as anotações no papel] T [Olhando para a tela do computador]	A13: Linguagem verbal cotidiana A11 e A14: Atenção às representações escritas, à tabela T: Atenção à imagem na simulação
279 35:56	A14: É setecentos e sessenta...	T [Olhando para a tela do computador]	T: Atenção à imagem na simulação
280 36:02	A13: Laranja.	A13 [movimenta o <i>mouse</i> ] A11 e A14 [Olham a tela e olham as anotações no papel] T [Olhando para a tela do computador]	A13: Movimento ergótico A13: Movimento epistêmico A13: Linguagem verbal cotidiana A11 e A14: Atenção às representações escritas, à tabela T: Atenção à imagem na simulação
281 36:10	P: É, vai indo devagarinho, devagarinho, que você vai pegando. Pega o vermelho, vai pegando as cores que a gente conhece, aí você vai anotando.	P [Aponta o espectro no applet] T [Olhando para a tela do computador]	P: Gesto dêitico P: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem na simulação
282 36:18	A11: Laranja é qual? [...]	A11 [atenta à tela – assim como os demais] T [Olhando para a tela do computador]	A11: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem na simulação
283 36:23	A13: Laranja é seiscentos e oitenta e um.	T [Olhando para a tela do computador]	A13: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem na simulação
284 36:25	P: Ó, saindo do vermelho, você <i>tá</i> chegando aqui um pouquinho no laranja.	A11 [anotando] T [Olhando para a tela do computador]	P: Linguagem verbal cotidiana A11: Atenção às anotações T: Atenção à imagem na simulação
288 36:41	A11: Amarelo.	A13 [movimenta o <i>mouse</i> ] T [Olhando para a tela do computador]	A13: Movimento ergótico A13: Movimento epistêmico A11: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem na simulação
289 36:42	A13: <i>Péra</i> aí. Quinhentos e oitenta e cinco. Verde. Quinhentos e cinquenta e cinco.	A13 [movimenta o <i>mouse</i> ] T [Olhando para as anotações] A12 e A13 [Olhando para a tela do computador]	A13: Movimento ergótico A13: Movimento epistêmico A13: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção às anotações A12 e A13: Atenção à imagem na simulação

294 37:20	A13: Coloca azul. Coloca azul claro e azul escuro, ou só azul?	A13 [movimenta o <i>mouse</i> ] T [Olhando para a tela do computador]	A13: Movimento ergótico A13: Movimento epistêmico A13: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem na simulação
295 37:29	A15: <i>Péra</i> aí, <i>péra</i> aí, vai passando.	A11 [escrevendo, atento às anotações] A13, A15 e A12 [fitos no applet] A15 [gesto dêitico, move a mão no sentido de varredura a ser realizado pelo ícone sobre o espectro] A14 e A16 [se distraem]	A15: Gesto dêitico e icônico A13: Movimento epistêmico A15: Linguagem verbal cotidiana A11: Atenção às anotações A12, A13 e A15: Atenção à imagem na simulação

Até o final desse episódio, os alunos estavam registrando a cor da luz que incidia sobre a placa metálica e o comprimento de onda associado. No turno T.296, o professor voltou a interagir com o grupo de alunos e chamou a atenção sobre a partir de que momento na simulação os alunos notaram a ejeção de elétrons: “E aí? Ah, já tá saindo elétron, já? A partir de quando começou a sair?”. Os alunos titubearam entre duas cores, mas concluem que isto ocorreu a partir do verde.

A pergunta nesse momento esteve mais aberta que a inicial. Com a pergunta nesses moldes, os alunos poderiam responder expressando as cores, como fizeram, mas poderiam ser mais específicos, apontar a partir de que comprimento de onda isso ocorreu, o que demonstraria uma melhor qualidade de assimilação de conceitos científicos. Porém, essa pergunta está associada ao contexto das outras falas do professor, nos turnos iniciais quando por nove vezes ao reconstruir a pergunta inseriu nela a palavra cor.

A partir do turno T.302, o professor chama a atenção sobre o movimento dos elétrons. Ele faz isso com uma solicitação verbal e com um gesto dêitico: “Ó, vai reparando, repara no movimento do, dos elétrons”. E no turno seguinte, T. 303, a aluna A13 responde: “Vai aumentando. Estão vindo mais rápido”. Esse olhar para a maneira como os elétrons se movimentavam foi detectado inicialmente nos turnos T.87 ao T.89 pelos alunos do primeiro grupo, um dos poucos parâmetros que não estava delimitado pelo professor, mas que ele incorporou em sua orientação, após interagir com primeiro grupo.

Caso um menor número de parâmetros fosse definido pelo professor, possibilitaria o aparecimento de um número maior de considerações por parte dos alunos, talvez todas as que o professor procurou antecipar, talvez ainda mais, ou menos. O papel do professor é dar vazão às questões levantadas pelos alunos e até às suas observações, questionando razões e

justificativas para respaldar as declarações sobre o que foi observado ou sobre hipóteses levantadas. No caso do relato acima, no turno T.89, em uma postura investigativa, o professor deve ter ciência de que aparecerão coisas inesperadas. Por isso, as aulas exigem maior dedicação no preparo, apareceram coisas que exigirão estudos posteriores e haverá a necessidade de se despir da posição de detentor do saber, porque, se os alunos criam questões espontaneamente, a probabilidade de que o professor tenha respostas para todas não é razoável. Mas, quando solicitado, haverá a necessidade de retenção de respostas, de retenção de conhecimento, e até a retenção de orientações sobre maneiras mais eficazes de registros. Trabalhando sob os moldes de um ensino por investigação, o papel do professor deve ser de orientador para auxílio, a fim de que os alunos construam tanto o conhecimento específico quanto os conhecimentos sobre a epistemologia e linguagens da ciência.

Assim como para o primeiro grupo, eles passaram a observar a relação entre (cor) frequência e velocidade; outros grupos poderiam realizar as mesmas observações, ou aprofundá-las. Foi desnecessário o professor abarcar as observações dos grupos iniciais e incorporá-las nas suas orientações aos demais grupos. Se fosse o caso, deveria ter realizado de outra forma. Sempre como proposta problematizadora e aberta (CARVALHO, 2013; SOUZA; SASSERON, 2012).

Dos turnos T.309 ao T.318, o professor explora a relação entre o comprimento de onda e a energia dos elétrons ejetados pela placa metálica, pelo efeito fotoelétrico. A estratégia empregada é de leitura, de percepção aos ícones que evidenciam essa relação. Isso certamente é relevante. Aponta o quanto os professores dão destaque a entes que podem ser observados, e certamente o uso de uma simulação tem como parte de seu objetivo ser um meio perceptual para auxílio na construção de modelos de entes científicos que normalmente não poderiam ser captados por nossos sentidos, ou que envolvem condições que não podem ser reproduzidas em aula.

A relevância da percepção visual na construção do conhecimento científico escolar é comentada por Lemke (2002a; 2002b) ao descrever uma metodologia para tomar dados em uma pesquisa, em que colocou uma câmera atrás de um aluno, John Juggles, na tentativa de registrar o que o aluno olhava, o que era importante visualmente quando ele construía os significados sobre um determinado tema.

Quadro 55 – Aspectos visuais relacionados à energia dos elétrons ejetados

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
309 26:22	P: Ó, que <i>que tá</i> acontecendo de um número <i>pro</i> outro?	P [Aponta para a tabela com o dedo percorrendo os valores de cima para baixo]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção às anotações

310 26:43	A15: Vai caindo.	A11 e A13 [Olhando para a tabela]	A15: Linguagem verbal cotidiana A11 e A13: Atenção às anotações
311 38:45	P: <i>Tá</i> ficando cada vez menor. Então, a onda <i>tá</i> ficando cada vez menorzinha.	A12 [observa o gesto do professor, os demais observam os dados tabelados] P [Fecha lentamente os dedos polegar e indicador, cooperando com sua fala” cada vez menor”] T [Olhando para a tabela]	P: Gestos icônico P: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção às anotações
312 38:50	P: Só que você percebe que cada vez mais, ó, <i>tá</i> ficando acentuado esse resultado, <i>né</i> , olha lá.	P [aponta para os dados assinalados na folha] T [Olhando a tela do computador]	P: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem na simulação
313 26:59	P: Ó, já <i>tô</i> indo pra parte do ultravioleta, que a gente não enxerga. Mas repara no que acontece no anterior.	P [Movimenta o <i>mouse</i> ] T [Olhando a tela do computador]	P: Movimento ergótico P: Movimento epistêmico P: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção à imagem na simulação
314 27:01	A13: Fica mais rápido.	T [a atenção se divide entre as anotações de A11 e o applet] P [confirma gestualmente, acenando a cabeça]	A13: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção às anotações T: Atenção à imagem na simulação
317 27:14	P: Coloca lá no máximo do ultravioleta, só <i>pra</i> gente ver.	A13 [Movimenta o <i>mouse</i> ] T [Olhando a tela do computador]	A13: Movimento ergótico A13: Movimento epistêmico P: Linguagem verbal cotidiana P: Linguagem verbal científica T: Atenção à imagem na simulação
318 27:21	A13: <i>Da hora</i> .	T [Olhando a tela do computador]	A13: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção às anotações A12 e A13: Atenção à imagem na simulação
319 270.1 39:22 Prof.	Agora o curioso é o seguinte, por que <i>que...</i> tudo é luz, não é? Por que <i>que pra</i> algumas cores de luz arranca elétron e <i>pra</i> outras não arranca, se tudo é luz?	P [movimentos retóricos com a mão] P [aponta para os resultados anotados dos alunos]	P: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção às anotações

Essa importante relação, comprimento de onda e energia dos elétrons ejetados, poderia ganhar ênfase se nesse episódio fosse empregada a metodologia investigativa, explorando tanto a colocação de hipóteses quanto o favorecimento da argumentação com maior número

de elementos na composição dos argumentos, ou seja, que se explorasse a construção das concepções dos alunos com frases mais eloquentes do que uma ou duas palavras enquadradas como uma forma de classificação. Perceber propriedades de maneira a considerar agrupamento em forma de classificação é um importante indicador de alfabetização científico (SASSERON; CARVALHO, 2008), mas primário, inicial. Em Carvalho et al. (1999), um ensino por investigação é aplicado mesmo em atividades demonstrativas, sem que o aluno desenvolva atividade manual, e esse molde poderia ter sido empregado nesta situação para explorar hipóteses e explicações.

A participação desse grupo termina com a questão proposta pelo professor, no turno T.319: “Agora o curioso é o seguinte, por que *que...*tudo é luz, não é? Por que *que pra* algumas cores de luz arranca elétron e *pra* outras não arranca, se tudo é luz?”. Esse é um problema, e, ainda que não seja respondido no decorrer do final dessa aula, é parte da situação-problema, perene ao longo das aulas na sequência didática, a compreensão da natureza da luz. É o único problema na aula, em meio a todas as questões propostas pelo professor, que, como mostram os dados, respondeu a quase todas as questões que havia proposto. Talvez essa seja a questão que os alunos levaram para si, ou para a próxima aula.

Nas colocações iniciais do professor, foram realizadas trinta perguntas, nos 36 turnos iniciais. Elas desempenharam um papel retórico: não houve tempo destinado à elaboração e proposição de qualquer hipótese. O professor realizava a pergunta e continuava o discurso. As perguntas desempenhavam a função de ligação entre as ideias do professor.

O problema é o grande potencializador do surgimento de hipóteses. Sem problemas, sem questões reais, sem tempo para que os alunos organizassem seus pensamentos, nota-se que não se registrou a proposição de hipóteses, e, portanto, esses episódios sobre o estudo do efeito fotoelétrico não se caracterizam como episódios de ensino investigativo. (CARVALHO, 2013).

[...] qualquer que seja o tipo de problema escolhido ele deve seguir uma sequência de etapas visando dar oportunidade aos alunos de levantarem e testarem suas hipóteses, passarem da ação manipulativa à intelectual estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com seus colegas e com o professor. (CARVALHO, 2013).

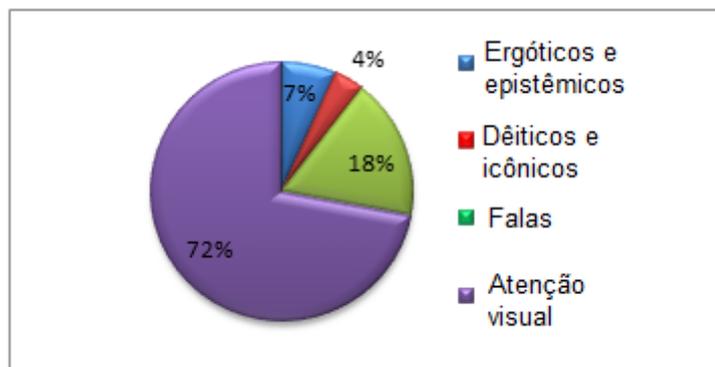
Embora haja considerável atenção tanto à tela do applet quanto às anotações desenvolvidas pelos alunos, a quantidade de gestos é pequena durante essa sequência de turnos e durante todo esse episódio. Observando a participação do grupo selecionado, do

turno T.246 ao turno T.320, a ação, movimentos e gestos se reduziram a alguns poucos gestos dêiticos (4%) em direção ao applet e à folha de respostas. Os movimentos epistêmicos e ergóticos (7%) foram apenas os associados ao *mouse*. Embora a fala seja praticamente o marco para especificar o turno, quase sempre há uma fala para cada turno, a atenção visual é observada para os vários membros do grupo simultaneamente, no mesmo turno, alavancado esse índice para percentuais elevados em relação à fala. Se a cada turno se considerasse uma interação visual, essa relação seria quase pareada à fala; e se fosse considerado os que ouvem com os que atentam o olhar em direção à fonte de som, ou da fala, os índices referentes a falas e a atenção visual também seriam pareados.

Tabela 14 - Modos semióticos empregado pelos alunos

Interações	Percentual
Ergóticos e epistêmicos	7%
Dêiticos e icônicos	4%
Falas	18%
Atenção visual	72%

Gráfico 8 - Interações do turno T.246 ao turno T.320



A transição entre as formas de linguagem para diferentes maneiras de representação do fenômeno praticamente não ocorre, como se nota no diagrama de fluxo a seguir. O que há é uma dinâmica de mover o *mouse* (movimentos ergóticos – epistêmicos), de fazer a leitura do applet (atenção visual ao *software*) e declarar verbalmente a leitura dos parâmetros observados (cor, comprimento de onda e classificação emite/não emite).

A ausência de problemas menores, para resolução por parte dos alunos e sem a proposição de hipóteses, modificou a atividade, e de uma proposta investigativa passou a ser uma proposta de ensino para ação-manipulação. Sem as hipóteses não há como averiguar a



#### 4.6 A ORGANIZAÇÃO DOS DADOS REFERENTES À SIMULAÇÃO

Neste episódio da presente análise retomar-se-ão os turnos em que foram extraídos dados durante a realização da simulação sob a perspectiva de como os alunos e o professor interagiram com os registros.

Desde os turnos iniciais, o professor encaminhou a forma de registro dos dados. Quando o primeiro grupo se assentou próximo do computador e passou a utilizar a simulação, no turno T.54, foi questionado pelo professor sobre quais seriam os dados a serem coletados: “Aí o que *que* vocês vão anotar na folha?”. Essa pergunta possui a possibilidade de mobilizar os alunos a explorarem as grandezas expressas no applet e também as relações entre elas, mas a orientação foi categórica e restringiu as ações por parte dos alunos. Não se esperou os alunos elaborem respostas. Com gestos dêiticos durante sua explanação de orientação, o professor apontava onde os alunos extrairiam os dados e apontava onde os alunos deveriam registrar.

Um grupo de alunos utilizava o computador e cedia os lugares ao grupo seguinte. À medida que os grupos foram se revezando no uso do computador, as orientações dadas pelo professor ao grupo de alunos sofriam alterações. Após solicitado pelos alunos do primeiro grupo para avaliar as anotações iniciais, dos turnos T.91 a T.94, solicitou a construção de uma tabela para organização dos dados.

Quadro 57 – Sugestão do professor para que os alunos façam uma tabela

TEMPO TURNO	FALAS
91 17:56	A5: Professor,
92 18:07	P: Fala, e aí?
93 18:08	A3: Professor, podemos colocar assim, ó, indicando o que acontece entre uma cor e outra? Que nem aqui, ó, o ultravioleta, vamos supor, temos [...] de nano... nano o quê? Nano, nano... o valor [...] isso. Aí, a gente colocar no caso, [...] de um comprimento a outro é, é, transmite...
94 18:33	P: Você pode. Uma sugestão que eu daria, assim, pra vocês se organizarem melhor, talvez valha a pena fazer uma tabelinha. Assim, ó, cor de luz, uma coluna, cor de luz, na outra para comprimento de onda, e a última qual é o resultado. O resultado é se ejetou elétrons ou não ejetou elétrons.

O grupo que se acompanhou na análise iniciou suas ações junto à simulação a partir do turno T.245. Esse turno marca o instante em que se sentaram em frente do computador e o professor passou a recolocar algumas orientações, fazendo isso do turno T.245 ao turno

T.255. Essa orientação não ocorre apenas em linguagem verbal, mas com gestos dêiticos direcionando o olhar dos alunos às seções a que faziam referência, tanto na folha de respostas (T.254) quanto na imagem produzida pelo simulador (T.255). Lemke (2002a) faz considerações sobre como os alunos intertextualizam as informações para construir significados. Ele procura mapear o direcionamento do olhar de um aluno para construir significado. Nesses turnos de nossa análise, os dados mostram essa ação por parte do professor; ele procura conduzir a atenção visual dos alunos aonde buscar as informações relevantes para a efetivação da atividade.

Na linguagem verbal empregada pelo professor, há alguns termos que, embora pareçam fazer parte da linguagem do cotidiano, são termos referentes a conceitos científicos. No turno T.254, a palavra “infravermelho”, e no turno T.255, o termo “comprimento”, e esse comprimento se refere ao comprimento de onda, um termo específico do modelo de onda. O contexto permite compreender o termo empregado. A incompletude (LEMKE, 1998) é um evento presente no emprego de linguagem na comunicação, que ocorre também em sala de aula e também com o professor. Para o professor, aquele comprimento somente poderia se referir ao comprimento de onda, é no contexto da ondulatória, das ondas eletromagnéticas, pauta do trabalho naqueles instantes. Porém, essa certeza, do campo em que se está atuando pode não ser tão evidente aos alunos. Por mais que haja busca de simplificações quanto à fala, ou as pressões da organização de atividades desenvolvidas em sala de aula, afetando a *performance* do professor, devem ser minuciosos os cuidados com o correto emprego de termos da ciência. É papel do professor propiciar esse salto na qualidade da linguagem dos alunos, do uso de termos coerentes cientificamente com o fenômeno estudado, e, portanto, isso não pode ser negligenciado.

A seguir, registra-se, na forma de uma tabela, os dados relatados verbalmente entre os turnos T.254 e T.318. O registro não apresenta todos os turnos, pois nem todos possuem informações que estariam na tabela dos alunos. Na tabela constam as questões do professor sobre o que eles deveriam observar, os registros ditados e registrados pelos alunos durante o desenvolvimento da atividade, os turnos em que apareceram as citações e o autor da citação.

Quadro 58 – Transcrição dos dados observados pelos alunos

Qual a cor? (T.254)		... qual é o comprimento...? (T.255)		... e qual é o resultado? (T.255)	
T.254	Infravermelho (P)	T.257	850 (A12)	T.259	Não arranca (A12)
T.266	Azul (A11)				
T.267	Azul (A12)				
T.276	Vermelho A13	T.276	764 (A13)		

T.280	Laranja (A13)	T.283	681 nm (A13)		
T.287	Amarelo (A13)				
T.288	Amarelo (A11)	T.289	585 (A13)		
T.289	Verde (A13)			T.296	A partir de quando começou a sair? (P)
				T.297	Do verde. (A14)
T.304	Azul (P)				
T.305	Azul mais escuro (A12)				
T.307	Violeta (P)				
T.313	Ultravioleta (P)			T.314	Ficam mais rápido (A13)
T.317	No máximo do ultravioleta (P)			T.318	<i>Da hora</i>

Interessante notar que a leitura das informações no applet foi envolvente para os alunos. Pelo menos quatro integrantes do grupo contribuíram nesse registro, assim como também o professor que acompanhava de perto a interação dos alunos com a simulação. As informações que constituíram os registros estavam em 34% dos turnos deste episódio, em 22 dos 64 turnos, entre o turno T.254 e o turno T.318. Nos demais, apareceram dúvidas, confirmações de leitura e de dados, orientações sobre maneiras de proceder e orientações sobre a unidade empregada e esses registros constam no anexo contendo a transcrição da aula. A seguir, reestruturou-se com os dados declarados pelos alunos na tentativa de perceber a visão que tiveram os alunos de sua tabela, omitindo da tabela anterior o registro dos turnos e das pessoas que estavam falando.

Tabela 15 - Dados declarados pelos alunos

Cor	Comprimento de onda	Resultado
Infravermelho	850	Não arranca
Azul		
Azul		
Vermelho	764	
Laranja	681 nm	
Amarelo		
Amarelo	585	
Verde		A partir de quando começou a sair?
		Do verde
Azul		
Azul mais escuro		
Violeta		
Ultravioleta		Ficam mais rápido
No máximo do ultravioleta		<i>Da hora</i>

A sugestão de organizar os dados na forma de uma tabela é prática comum na rotina de quem registra múltiplos dados de um fenômeno, comum nos campos científicos, porém no âmbito escolar é algo de alguém experiente. Os alunos poderiam chegar à elaboração de uma ordem de registro que se assemelhasse a uma tabela. Eles chamaram o professor para avaliar sua forma de registro nos turnos T.91 ao turno T.94, e o professor sugeriu a construção da tabela. Mas também, quanto a esse aspecto, os registros de dados experimentais, o ensino poderia ser investigativo, provocando e promovendo diferentes formas de registro e explorando as peculiaridades e vantagens dessa representação visual.

À medida em que os dados foram ditados para registro na tabela, o efeito visual correspondente à sintonização das frequências de cada radiação no espectro, que seria o resultado esperado, se arranca ou não elétrons, não foi declarado. O professor interagiu com os alunos nos primeiros registros para a construção e organização da tabela, tendo iniciado com a questão “Qual a cor?”, no turno T.254, mas logo orientou sobre a informação a ser registrada “infravermelho”. Pergunta sobre o correspondente comprimento de onda e o aluno A12 responde “850” e sobre o resultado observado e A12 também responde, não arranca.

Os significados estavam agora expressos nessa forma visual como uma linha em uma tabela. O aluno A12 participou ativamente dessa construção, mostrando compreender o procedimento para sequência da atividade desenvolvida, enquanto os demais acompanharam atentamente essa construção. Porém, a leitura dessa linha e das demais tem importante aspecto na construção dos significados referentes ao efeito fotoelétrico, e não poderia passar despercebido que, quando incidimos radiação ultravioleta, com comprimento de onda correspondente a oitocentos e cinquenta nanômetros, os fótons incidentes não têm energia suficiente para serem absorvidos pelos elétrons e promover sua ejeção.

No turno T.309, o professor realizou uma questão direcionando uma forma específica de leitura de uma tabela. Era visível que, ao mudar a posição no espectro, mudar uma cor no espectro visível, no applet aparecia um número correspondente ao comprimento de onda. Porém, não havia outro evento visível. As frequências iniciais do espectro não possuíam energia suficiente para ejetar elétrons. Assim, os alunos deixaram de declarar o resultado esperado: “não arranca elétrons”, segundo a linguagem que vinham empregando na aula. No turno T.296, o professor voltou a interagir com o grupo, questionando a partir de que momento iniciou-se a ejeção de elétrons. Essa necessária intervenção demonstra uma leitura experiente da tabela, uma possível correspondência da coluna dos resultados com uma das colunas iniciais, que demarcavam a cor e o comprimento de onda (PERINI, 2005).

Essa intervenção é característica de um ensino por investigação. Ele não realizou a leitura da tabela, declarando aos alunos, mas lhes solicitou que fizessem essa leitura e relação. Porém, comparado ao número de outras maneiras de intervenções realizadas pelo professor, essa ocorrência estando isolada não habilita a considerar que nessa atividade o ensino estivesse ocorrendo em moldes investigativo.

O registro no formato de uma tabela possibilita a conexão visual entre os dados, e no turno T.309 o professor continua a realizar intervenções para a percepção das relações entre os dados registrados na tabela.

Quadro 59 – A leitura da tabela

TURNOS TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
309 26:22	P: Ó, que <i>que tá</i> acontecendo de um número <i>pro</i> outro?	P [Aponta para a tabela com o dedo percorrendo os valores de cima para baixo]	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção às anotações

A segunda coluna é a única com dados numéricos. A pergunta do professor não necessita de qualquer complemento, logo, em seguida, o professor com gestos dêiticos, aponta um sentido a que se referia em sua questão, especificando o sentido em que espera a resposta, e isso é um direcionamento excessivo da atividade. Por sua vez, os alunos não precisaram de muito tempo para perceber que os valores estavam diminuindo, T.310 “vai caindo”. O professor reforçou a resposta dos alunos e ampliou seu questionamento, relacionando o comprimento de onda com as cores observadas, respectivamente a segunda coluna com a primeira. No turno T.313, ele solicita aos alunos que anotassem o que acontecia à proporção que os dados tomados se aproximavam das radiações ultravioleta.

Os alunos responderam de forma sucinta: “Fica mais rápido.” (T.314). A expressão refere-se à velocidade dos elétrons ejetados da placa metálica. Os alunos, nessa etapa, já estão interagindo com a simulação e também com o conteúdo, apesar da incompletude da linguagem na pergunta, “Mas repara no que acontece no interior”, eles compreendem que a menção na pergunta refere-se aos elétrons. Portanto, sabem quais detalhes devem observar para construir suas respostas. O professor avalia a resposta dos alunos como “Perfeita” e solicita que os alunos realizem uma simulação com o menor comprimento de onda possível no applet (T. 311), e a resposta dos alunos ao efeito visual foi, no turno T.318: “*Da hora*”. Essa expressão aponta uma nova relação desses alunos com o conteúdo estudado; não será

uma pessoa qualquer que achará bom, “da hora”, a representação, um desenho simulando elétrons se deslocando em uma ampola.

O encerramento da participação desse grupo na aula ocorre com a colocação de questões propostas pelo professor e pelo aluno A13, questões que ficaram para reflexão, sem repostas sequer colocadas hipoteticamente. A primeira colocada pelo professor no turno T.320: “Por que que *pra* algumas cores de luz arranca elétron e *pra* outras não arranca, se tudo é luz?” e recolocada no turno T.321: “Por que que tem cor que arranca e tem cor que não arranca?”. Na sequência, o professor chama a atenção dos alunos para o momento histórico em que os cientistas trabalharam esse questionamento.

Quadro 60 – Encerramento da atividade

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
319 39:22	P: Agora o curioso é o seguinte, por que <i>que...</i> tudo é luz, não é? Por que <i>que pra</i> algumas cores de luz arranca elétron e <i>pra</i> outras não arranca, se tudo é luz?	P [movimentos retóricos com a mão] P [aponta para os resultados anotados dos alunos]	P: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção às anotações
320 39:32	P: Essa é uma pergunta que o pessoal de física introduz. Por que <i>que</i> tem cor que arranca e tem cor que não arranca?		P: Linguagem verbal cotidiana
321 39:42	P: É uma coisa estranha. Hoje, a gente tem esse recurso, <i>né</i> , agora imagina os físicos no final do século XIX, século XX.	P [aponta o applet]	P: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção ao applet
322 39:44	A13: Mas já não tem a resposta?		A13: Linguagem verbal cotidiana
323 39:46	P: Mas essa é uma excelente pergunta.		P: Linguagem verbal cotidiana
324 39:47	A13: Fala aí, professor.		P: Linguagem verbal cotidiana
325 39:48	P: Pessoal, deu mais ou menos pra perceber? Mesmo? Qual foi a parte legal que vocês falaram? Beleza. Eu vou recolher depois, <i>tá?</i>	P [aponta as anotações dos alunos]	P: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção às anotações

O aluno A13 questiona se essa questão já não foi respondida. O professor, no turno T.323, reconhece a relevância da questão, mas questionando se os alunos perceberam a beleza das considerações por eles realizadas encerra a participação desse grupo no turno T.325. No turno T.326, um aluno do grupo seguinte esboça começar a manusear o *mouse*. Essa dinâmica

de realizar a atividade com apenas um computador mostra a versatilidade necessária no desenvolvimento de ações, para garantir a sequência das aulas, mas a falta de tempo impossibilitou que vários debates se desenvolvessem, e esse final mostra a ação castradora do professor por ter de gerenciar o tempo a fim de dar oportunidade a todos os alunos junto ao applet.

#### **4.7. Um olhar transversal pelas atividades**

Os dados empregados nesta pesquisa partiram de um conjunto de aulas em que ocorreram duas atividades: a primeira, a caixa preta; e a segunda, a simulação sobre o efeito fotoelétrico. A caixa preta trata-se de uma atividade tipo “mão na massa”. Os alunos têm o equipamento na mão e com o qual interagem na construção da resposta ao problema proposto. A caixa é deixada sobre a mesa e passada de mão em mão, e nessa interação há até momentos em que a caixa é retirada da mão de um aluno, ou mais de um aluno interage com ela. A forma de interação foi com movimentos ergóticos e epistêmicos, e gestos dêiticos e icônicos. Na segunda atividade, de simulação do efeito fotoelétrico, o que é perceptual está na tela do computador. A forma de interação é distinta. Não há manuseio de equipamentos experimentais e sim do *mouse*. É salutar destacar aqui que não há dúvidas sobre o aspecto positivo de oportunidade de manipulação de apetrechos associados a uma boa experiência em laboratórios didáticos, e a manipulação através de *mouse* pode parecer de uma classe inferior em face da manipulação de equipamentos perceptos. Porém, queremos destacar que foi em artigos associados ao uso de computadores que se encontrou subsídios para a classificação sobre as interações gestuais em Roth e Lawless (2002) e Kirsh e Máglio (1994).

Outro aspecto sobre as diferenças referentes a essas aulas são os temas: na aula com a caixa preta, a atividade tem cunho geral em ciências. O questionamento mobiliza pré-requisitos vivenciais. Há inúmeros valores que poderiam ser mobilizados para a construção de um modelo que justificasse as observações, decorrentes do manuseio da caixa. Não há um conhecimento específico necessário para se atingir a resposta esperada, e, embora um aluno do grupo tenha mostrado ter alguma iniciação ao desenho técnico, esse conhecimento não foi imprescindível para a construção da resposta. Os outros grupos também formularam soluções validadas pela turma na exposição dos desenhos dos alunos.

Já a aula com a atividade de simulação do efeito fotoelétrico uma compreensão efetiva do assunto exige uma série de conhecimentos prévios, mais que um único tópico de física. É necessário conhecer a noção de circuitos elétricos, como movimento de elétrons, de diferença

de potencial, e as unidades correspondentes às grandezas envolvidas no fenômeno. Há necessidade de se ter noção de ondulatória e de que energia é diretamente proporcional à frequência da onda, sendo a constante de proporcionalidade o número de Planck. Ter noção da importância dessa experiência para a história da ciência é, evidentemente, a principal razão para apresentar o tema aos alunos. Assim, ao chegar ao ponto de realizar essa atividade, os alunos devem estar preparados, compreendendo os trabalhos desenvolvidos pela comunidade científica ao longo da história.

Outra distinção das atividades é o fato de que, para a caixa preta, os alunos foram divididos em grupos com quatro alunos e cada um dos grupos recebeu uma caixa para manuseá-la, e para a simulação com a caixa preta, embora na escola haja uma sala de informática com computadores suficientes para receber os alunos em pequenos grupos, no dia de aplicação da atividade ocorreu um desencontro e o monitor e responsável pela sala de informática não chegou no momento esperado pelo professor, como mostram os dados, e isso alterou a dinâmica da aula. Todos os grupos de alunos compartilharam o uso de apenas um computador disponível na sala em que ocorreu a aula. Quando questionado, o professor informou que a sala de computadores tem um responsável, e isso vai além da administração escolar, sendo impossibilitado ao professor utilizar a sala de informática sem os monitores responsáveis.

Essa dinâmica de sala de aula afetou a *performance* da atividade também pelo fator tempo: enquanto na atividade com a caixa preta os alunos tiveram praticamente uma aula para manuseio, na atividade de simulação o tempo foi de 10 a 15 minutos por grupo. E, em nossa leitura, encontra-se o fator tempo associado a vários aspectos no processo de ensino-aprendizagem e nas questões tratando sobre ensino por investigação.

Apesar dessas diferenças (modo da atividade com respectivas representações mediadoras, dinâmicas distintas e tempo no contato com o material instrucional, a caixa preta e a simulação), o emprego de princípios de investigação (o problema, as hipóteses, plano de trabalho, teste das hipóteses, conclusão, sempre de maneira dialógica) poderia proporcionar resultados satisfatórios.

Continuando nesse olhar transversal, mas nos possíveis traços de aspectos investigativos, observando o problema para essas atividades: a proposição do problema para a atividade junto à caixa preta ocorreu em poucos minutos. A fala do professor com a orientação para o desenvolvimento da atividade e o problema durou 3 turnos, 2 minutos e 31 segundos. Após esses turnos, os alunos passaram a trabalhar em grupos menores, com 4 alunos e, ocasionalmente, interagiram com o professor que, passando pelos grupos,

questionava se a atividade estava sendo realizada. Os alunos mostraram ter compreendido a atividade, seu caráter aberto e a autonomia que possuíam para construírem uma resposta. Dentro dos moldes desta atividade, e ela possui algum grau de restrição, uma vez que as considerações iniciais são a partir da caixa preta que foi entregue aos alunos, assim ela não é uma descoberta verdadeira, quando há o maior grau de liberdade possível por parte dos alunos (RODRIGUES e BORGES, 2008), mas certamente uma atividade com problematização válida para nossas considerações sobre as práticas de ensino por investigação sendo categorizada no nível IV, segundo a tabela 2, sobre a graduação do problema.

Na aula com a simulação, o professor Vicente, consciente da necessidade de alguns conhecimentos prévios, inicia a orientação fornecendo informações, mas sua fala se estende por mais de 10 minutos. Ele apresentou 30 questões, e em meio a essa situação em que as questões eram em sua maioria retóricas, com respostas óbvias, ou respondidas quase que instantaneamente, o problema foi se diluindo. Aos poucos, ele considerou todas as condições de contorno que dariam sentido às discussões em torno do assunto e terminou em reduzir a situação-problema a apenas uma atividade lúdica, em que os alunos deveriam realizar a simulação e preencher uma tabela. O problema nessa atividade, se é que pode ser classificado dentro do quadro 2, em que se considera o grau de liberdade do problema em uma aula com ensino por investigação, é de nível I, mais restrito, trata de constatar um princípio. No caso dessa atividade, seria constatar o efeito fotoelétrico, mas essa questão já estava respondida, os alunos já sabiam que o fenômeno iria ocorrer e como identificá-lo no applet.

Como ficou o problema para cada aula? Enquadrando a proposição do problema na aula com a atividade “caixa preta”, observamos uma estrutura com os seguintes elementos: D, W, C, B, Q. Já na aula com a simulação, em meio a tantas questões, o problema é quase imperceptível. Ou, se tratado como todas as outras 29 questões apresentadas, ele não é algo a que se deva dar atenção. Ele possuía D, C, W, B. No primeiro, a atenção visual incide na caixa apresentada como o dado; no segundo, a atenção visual está na garantia que foi apresentada como evidência para o dado. No primeiro, apareceu um qualificador modal, e no segundo, um apoio exposto duas vezes como definição do efeito fotoelétrico. Na primeira colocação do problema, duas vezes há demanda atenção visual e na segunda, três vezes. O professor explorou esse recurso de comunicação multimodal na proposição do problema nas duas atividades.

O problema existiu nas duas atividades, mas na segunda foi diluído em meio às outras 29 questões que não necessitaram respostas, além de não existir tempo para sequer percebê-lo como tal.

A proposição de um problema também tem correlação com a expectativa de resposta, ou o objetivo associado ao problema, ou a situação-problema. Nas orientações sobre as atividades, para a caixa preta os alunos deveriam desenhar o mecanismo de funcionamento para expressar o modelo mental por eles elaborado que atendesse a relação causal, o que observaram resultante de seu manuseio da caixa, ou a observação intrigante, nas palavras de Lawson (2002). Mas, na simulação, os alunos deveriam preencher uma tabela classificando a partir de que instante havia ejeção de elétrons. A expectativa da segunda atividade subestima a capacidade dos alunos de responderem questões complexas; eles deveriam apenas observar e registrar.

Quanto à colocação das hipóteses na atividade de simulação, não foi dada autonomia para os alunos se pronunciarem ao serem confrontados com 30 questões. Já na primeira atividade, a atividade com a caixa preta, os alunos puderam se manifestar. Nessa atividade, embora não totalmente aberta, vários parâmetros estavam delimitados pelo equipamento, a caixa preta: quando se manipula uma haste, a outra tem movimento coordenado; as hastes têm certo limite de deslocamento e esses limites os alunos não podem alterar.

Tem-se uma observação intrigante, conhecimentos declarativos a partir dos quais os alunos levantaram hipóteses. O padrão de argumentação que permite observar a construção do raciocínio científico tem aí seu início (LAWSON, 2002; 2004; 2010). Na concepção de comunicação multimodal empregando o TAP aqui contemplada, a extensão do argumento é maior envolvendo o que seria a observação intrigante de Lawson (2002; 2004; 2010). Porém, sustentado pelas declarações de Lawson (2004), que o TAP cabe bem quando se quer convencer alguém, e o padrão hipotético-dedutivo (2002; 2004; 2010) para testar hipóteses, manteve-se esse caráter na análise.

Em meio ao problema para a atividade com a caixa preta, surgiram outras questões, e os alunos acumularam uma série de hipóteses durante a realização da atividade. Eles levantaram 22 hipóteses sobre materiais e mecanismos referentes ao funcionamento e composição da caixa (gráfico 1) citando-as 280 vezes. A palavra mola apareceu 53 vezes nas interlocuções dos alunos, tendo sido a hipótese que apareceu o maior número de vezes; bolinha, garrafa e fio apareceram uma vez cada uma. Entre as características desses materiais e de outras coisas tomadas como hipóteses, os alunos buscaram averiguar uma correspondência analógica com o funcionamento da caixa preta. A correspondência foi sempre de “analogia material” (BLACK, 1962; HESSE, 1972). Posteriormente, os alunos direcionaram melhor suas mediações empregando questões mais amplas e propuseram

hipóteses mais complexas, bicicleta, corrente, rolete, engrenagem, pedal e relógio, 6 hipóteses citadas 38 vezes, mas empregando ainda analogias materiais.

As hipóteses na atividade da caixa preta foram propostas pelos alunos, sem a interferência do professor Vicente, logo com o nível que a categoriza no maior grau de liberdade possível (Tabela 3). Para a simulação não ocorreu o levantamento de hipóteses. A primeira hipótese testada pelos alunos foi de que o material externo de composição da caixa seria madeira, como relatado nos turnos iniciais. A estrutura de padrão de pensamento de Lawson (2002; 2004; 2010) é completa, possui “se/e/então/e/portanto”, mas não foi externalizada toda a estrutura de pensamento pelos alunos. O aluno realizou o teste e declarou sua conclusão. Ele bateu os dedos contra a caixa, ou seja, empregou movimentos epistêmicos (ROTH; LAWLESS, 2002) no teste planejado.

Nas considerações dos alunos em torno da segunda hipótese, que na caixa havia uma esponja, eles atuaram inicialmente nos turnos T.13 a T.16 e retornaram a considerá-la nos turnos T. 32 e T.33. No turno T.13, a aluna A5 propõe a hipótese da presença de uma esponja na caixa simultaneamente com uma representação icônica simulando a contração e restituição desta movimentando os dedos da mão como se a apertasse sequencialmente. Com movimentos ergóticos e epistêmicos (ROTH; LAWLESS, 2002), o teste é realizado obtendo conclusão afirmativa. A propriedade elástica que se nota em uma esponja está presente na caixa. O padrão “se/e/então/e/portanto” é completo, mas no turno T.33 outra forma de movimento epistêmico foi realizada, a aluna A5 chacoalhou a caixa próximo ao ouvido e concluiu que não poderia ser uma esponja. O padrão foi complementado, e a estrutura argumentativa tornou-se mais rica com “se/e/então/e/portanto/mas/portanto”.

Dos turnos T.22 ao T.27, os alunos argumentam sobre a presença de plástico na caixa. O teste é realizado no turno T.23, com movimentos epistêmicos (ROTH; LAWLESS, 2002) pela aluna A4, e rejeitado pelo aluno A3, no turno T.24, que com uma representação icônica, simulando o movimento das hastes, orienta sobre como deveria ser realizado o teste. No turno T. 25, A4 realiza o teste, e no turno T. 26, declara o resultado. Mas finalizam esse procedimento sem declarar a conclusão e partem para testar outra hipótese. A estrutura desse argumento ficou com “se/e/e/então/mas”. Durante esses turnos, as primeiras representações pictóricas foram esboçadas, mas, embora demandasse alguma atenção, não estavam presentes ainda na construção desse argumento.

Dos turnos T.28 ao T.40, o padrão de pensamento teve por base testar a hipótese de que no interior da caixa existia uma mola. A estrutura do padrão hipotético-dedutivo foi “se/e/então/e/portanto/mas/e/portanto/então/portanto”. A partir do teste, observaram dois

resultados: o primeiro permitiu por indução confirmar a hipótese, e o segundo possibilitou propor nova hipótese e chegar a mais uma conclusão. A hipótese ainda é tomada por abdução (LAWSON, 2010). Empregando uma analogia material, procurou-se perceber o efeito de restituição do comprimento de que há em uma mola nas hastes da caixa, mas a estrutura de pensamento está mais robusta, agora com dez elementos. Os alunos empregaram movimentos ergóticos e epistêmicos para realização dos testes, e no T. 35, uma representação gestual icônica para comunicar o planejamento do teste.

Dos turnos T.62 ao T.75, mais elaborado ainda é o emprego de uma analogia material (HESSE,1972), mas agora tendo como referente um mecanismo, o funcionamento de engrenagens. Mesmo a hipótese está mais elaborada; ela surgiu da perspectiva de que o mecanismo no interior da caixa seria de uma bicicleta e se concretizou que seria como um sistema com engrenagens. Na primeira tentativa de se chegar à conclusão, os alunos construíram um padrão hipotético-dedutivo com “se/e/.../e”. Eles não declararam o então, o “resultado esperado” para o teste proposto. (T.65). Reformulando o raciocínio, há uma segunda tentativa. Eles repetem esse padrão “se/e/.../e”, sem declarar o resultado esperado nem a conclusão. No turno T.71, conseguem desvendar o que faltava em sua argumentação e declaram o resultado esperado. A dificuldade de assumir uma conclusão era porque os alunos observavam o resultado encontrado com a expectativa de uma confirmação da hipótese, porém percebendo que o resultado encontrado não era um “e”, e sim um “mas”, eles chegaram à conclusão. Esse “mas” foi tão revelador que os alunos geraram seis ações (verbais e gestuais) sobre ela, nos turnos T73, T74 e T.75. O raciocínio hipotético-dedutivo ficou “se/e/então/mas/portanto”. Observando as ênfases nessa construção presente, teremos “se/e/.../e/ - se/e/.../e/ - então/mas/mas/mas...”. O “portanto” está implícito.

Diante de tantas evidências, é natural a conclusão de que não se trata de uma engrenagem, mas os alunos optam por reconstruir o processo de construção do raciocínio. Em dois momentos, os testes executados foram empregando gestos icônicos (T.65 e T.70). No resultado esperado, empregaram-se gestos icônicos e dêiticos, e, no turno T.75, o teste executado é com movimentos ergóticos.

Do turno T.78 ao T.90, os alunos recolocam a hipótese e reconstroem o raciocínio hipotético-dedutivo. A estrutura é completamente declarada, sem elementos implícitos, contendo “se/e/então/mas/portanto”. Porém, a declaração de conclusão foi de que não havia o movimento de rotação no interior da caixa, assim não correspondente a uma engrenagem. Os gestos icônicos estiveram na colocação da hipótese, no teste planejado, no resultado esperado, no resultado encontrado. Movimentos ergóticos e epistêmicos estiveram presentes em

cooperação com a conclusão. É evidente um afastamento da caixa preta, durante a construção do raciocínio. O retorno à caixa ocorreu apenas na conclusão.

No turno T.114, observa-se uma estrutura de construção do raciocínio hipotético-dedutivo pelo aluno A3, com “se/e/então/e/e/então/e/portanto”. Ele utiliza a presença da caixa e constrói seu argumento aproveitando a possibilidade de cooperação da atenção visual, empregando manipulações, com movimentos ergóticos e epistêmicos, principalmente na realização dos testes por ele planejado.

No turno T.122, a aluna A2 procura construir uma estrutura hipotético-dedutiva com “se/e/então/mas/portanto”, porém o “mas” o “resultado encontrado” foi equivocado. Ela construiu o padrão, mas chegou à conclusão de que deveria repensar o raciocínio construído, já que o resultado encontrado foi contrário ao resultado esperado. Ela empregou, em todos os elementos da estrutura de seu argumento, gestos icônicos em cooperação com sua fala.

Do turno T.194 ao T.202, os alunos descrevem a maioria dos elementos que compõem a caixa e seu funcionamento em uma estrutura “se/e/se/então/e/e/portanto”. Nessa descrição, foram empregados gestos dêiticos na proposição dos vários elementos que compunham a “hipótese” e no “teste planejado”. Como contavam agora com uma representação pictórica, vários desses dêiticos se relacionam a ela. Foram empregados gestos icônicos, e, com auxílio de outros materiais, os alunos simularam o esquema no interior da caixa. Com movimento ergótico, realizaram o teste, ao passo que com o gesto dêitico, indicaram o resultado obtido. Isto é, quando tiveram uma compreensão mais geral da caixa, empregaram movimentos e gestos na mediação com a caixa e com as representações gestuais icônicas e pictóricas na construção do raciocínio hipotético-dedutivo.

No Quadro 61, a seguir, estão sintetizados os modos de representação visual (gestual icônico e pictórico), e os modos de mediações com a caixa e com as representações (movimentos ergóticos, epistêmicos e gestos dêiticos) empregadas na construção das oito estruturas de raciocínio argumentativo, que se destacam nesta análise.

Quadro 61 – Representações e mediações na construção do raciocínio

Nº	Intervalo de turnos	Estrutura do raciocínio argumentativo	Representações e mediações empregadas
1	T.13-T.16	“Se/e/então/e/portanto”	Movimentos ergóticos Movimentos Epistêmicos
1	T.13-T.33	“Se/e/então/e/portanto/mas/portanto”	Movimentos ergóticos Movimentos epistêmicos
2	T.22-T.26	“Se/e/e/então/mas”	Movimentos ergóticos Movimentos Epistêmicos
3	T.28-T.40	“Se/e/então/e/portanto/mas/e/portanto/então/portanto”	Movimentos ergóticos Movimentos epistêmicos Gestos dêiticos

			Gestos icônicos
4	T.62-T.75	“Se/e/.../e/ - Se/e/.../e/ - então/mas/mas/mas...”	Movimentos ergóticos Movimentos epistêmicos Gestos dêiticos Gestos icônicos Atenção à imagem pictórica
5	T.78-T.82	“Se/e/então/mas/portanto”	Movimentos ergóticos Gestos icônicos
6	T.114	“Se/e/então/e/e/então/e/portanto”	
7	T.122	“Se/e/então/mas/portanto”	Movimentos ergóticos Movimentos epistêmicos Gestos dêiticos Gestos icônicos Atenção à
8	T.194-T.202	“Se/e/se/então/e/e/portanto”	Movimentos ergóticos Gestos dêiticos Gestos icônicos Atenção à imagem pictórica

As mediações e as representações foram empregadas nos diferentes elementos da estrutura de raciocínio. O Quadro 62, a seguir, propicia uma visualização do elemento empregado em cada representação e mediação. Em algumas células, está registrado apenas o turno, pois há somente a expressão em linguagem verbal. Optou-se por inserir junto ao resultado obtido o teste realizado, principalmente porque essas ações, dos testes e de expressão do resultado, ocorreram quase ao mesmo tempo. A dificuldade de segmentar a ocorrência dos gestos já tinha sido apontada por Cardoz (1994), e segmentá-los, considerando também a fala, potencializa essa dificuldade.

Quadro 62 – Estrutura do raciocínio, representação e mediação

Nº	Intervalo de turnos	Se (hipótese)	E (Teste planejado)	Então (Resultado esperado)	E (Resultado obtido)	Mas (Resultado obtido)	Portanto (conclusão)
1	T.13-T.16	icônico T.13	ergótico epistêmico T.16		ergótico epistêmico T.16		T.16
1	T.13-T.33	T.13	T.16		T.16	epistêmico T.33	T.33
2	T.22-T.26	ergótico epistêmico T.22	epistêmico icônico T.23/24		ergótico epistêmico T.26		
3	T.28-T.40	T.28	icônico T.35		ergótico epistêmico T.38		dêiticos T.40
4	T.62-T.75	icônico pictórico ergótico epistêmico dêitico T.62	icônico T.65/70		icônico T.70/71	ergótico icônico T.73/74/75	ergótico T.75
5	T.78-T.82	icônico T.78/82	T.86	icônico T.87		T.89	ergótico T.88/90
6	T.114	T.114	ergótico T.114	T.114	ergótico T.114		T.114
7	T.122	icônico T.122	icônico T.122	T.122	T.122	T.122 icônico	T.122
8	T.194 – T.202	dêitico pictórico T.194/195/196/197/198	dêitico iconico pictórico T.198	icônico T.198	ergótico dêitico pictórico T.199/200		T.202

No Quadro 62, nota-se que, nos primeiros episódios, o resultado esperado não é explícito. Apenas na metade, nos quatro últimos padrões de raciocínio, há declaração do resultado esperado, e em dois deles (T.87 e T.198) com a cooperação de representações gestuais icônicas. Esse aspecto de cooperação entre modos semióticos foi várias vezes empregado na proposição da hipótese, utilizado nos turnos T.13, T.82, T.122, cooperação com representações gestuais icônicas e nos turnos T.194 ao T.197, cooperação com representações pictórica. Uma situação à parte, nessas comunicações multimodais da hipótese, ocorreu no turno T.62, pois com a linguagem verbal cooperavam também as representações gestuais icônica e pictórica, além da presença da caixa preta. Essa cooperação foi mediada por gestos dêiticos, e por movimentos ergóticos e epistêmico.

O teste planejado é realizado e nos resultados esperados aparece quase uma repetição das formas de representação e mediação entre os modos semióticos planejado e realizado, mas algumas vezes outros testes foram feitos, como nos turnos T.33. O teste planejado estava expresso (T.16), tendo em cooperação os modos ergóticos e epistêmicos (movimentavam as hastes próximo ao ouvido), e foram executados, mas no turno T.33 foi acrescentado outro teste executado, apenas epistêmico (chacoalharam a caixa próximo ao ouvido).

Ocorreram outras tantas formas de interação, mas, às vezes, não estando relacionadas com a construção do raciocínio científico, como no turno T.28, na proposição da hipótese, gestos retóricos, sem relevância as declarações relativas à problematização, ou pela presença da caixa sempre constante, e, portanto, sempre havia alguém manuseando a caixa, como no turno T.122, em que A3 realiza movimentos ergóticos e epistêmicos, que não têm relação com a construção de conhecimento nesse turno.

No quadro 63 a seguir destaca-se as graduações atribuídas para o problema (tabela 2), para as hipóteses (tabela 3); para o plano de trabalho (tabela 4), para os dados (tabela 5) e para a conclusão (tabela 6). A atividade 1, com a caixa preta está assinalada em azul claro e a simulação sobre o efeito fotoelétrico (a atividade 2) em cor alaranjado.

Quadro 63 – Graduação para as fases do processo investigativo

Problema	Hipóteses	Plano de trabalho	Dados	Conclusão
I	I	I	I	I
II	II	II	II	II
III	III	III	III	III
IV	IV	IV	IV	IV

Nas aulas sobre o efeito fotoelétrico, o problema ficou descaracterizado, em meio às outras 29 questões presentes no discurso do professor, e a ênfase dada à realização da atividade de simulação impossibilitou o surgimento de qualquer hipótese. Portanto, não se tem uma estrutura hipotético-dedutivo.

Na aula com a atividade com a caixa preta, as hipóteses foram propostas pelos alunos, sendo que eles tiveram total autonomia nessa ação, nível IV, quanto ao grau de liberdade. Porém, na atividade de simulação, elas não foram propostas e, portanto, não se enquadraram nos níveis sobre as considerações delas.

O grau de liberdade para o plano de trabalho, na atividade com a caixa preta, foi IV, segundo o Quadro 4. Os alunos estabeleceram o plano de trabalho, mas não o preestabeleceram; este foi criado no desenrolar da atividade. Inicialmente, investigaram a composição externa da caixa, levantaram hipóteses sobre elementos presentes no interior da caixa e realizaram teste interagindo com ela. Consideraram a função de possíveis elementos no interior da caixa e como estavam conectados os elementos confirmados nas hipóteses. Posteriormente, passaram para hipóteses em analogia com mecanismos mecânicos. Para a atividade de simulação, o nível foi II, pois todas as ações foram direcionadas pelo professor, e cabe destacar que estamos classificando, embora não se trate de uma situação investigativa.

Para a atividade da caixa preta, os dados, assim como a análise e conclusão, foram tomados pelos alunos como efeito das manipulações ergóticas e epistêmicas. O afastamento e a liberdade que tiveram os alunos conferem a eles o nível IV. Para a simulação do efeito fotoelétrico, o professor informou o que anotar, que dados eram importantes e onde estariam essas informações no applet. O professor informou até os ajustes, ou seja, as grandezas que não afetariam os resultados. Por isso, o grau de liberdade referente aos dados é I e o grau referente à análise também é I, quando não há análise.

Considerando um espectro do emprego de uma metodologia investigativa que vai do mais fechado ao mais aberto e que fosse possível atribuir algum grau nessa escala, a atividade com a caixa preta teria, para o máximo de 20 pontos, 19 pontos; e a atividade de simulação, 4 pontos. Porém, esse ensino investigativo pontuado até aqui tem uma aparência de aplicação de um pseudométodo científico, ou de uma compreensão ultrapassada de ensino por investigação (TRÓPIA, 2011). A compreensão contemporânea de um ensino por investigação considera, além das características apontadas na tabela anterior, a construção de raciocínio em processos argumentativos, as relações CTS, a transição entre as formas de representação de um fenômeno e a natureza da ciência, embora Lederman (2006) defenda que essa última característica, a natureza da ciência, tenha seus princípios a mais de um século implícito na

noção de ensino investigativo e que engloba as características anteriormente citadas. Dito isso, é necessária uma extensão do quadro anterior com argumentação (tabela 7); relações CTS, natureza da ciência (tabela 1) e múltiplas representações (tabela 9), mantendo para a atividade 1, com a caixa preta a cor azul claro e para a atividade 2, a simulação sobre o efeito fotoelétrico a cor alaranjado.

Quadro 64 – Graduação para as fases do processo investigativo (parte 2)

Argumentação	Relações CTS	Natureza da ciência	Múltiplas representações	
I	I	I	I	
II	II	II	II	
III	III	III	III	
IV	IV	IV	IV	IV

Quanto à argumentação na primeira atividade, os dados mostram oito padrões e subpadrões de argumentação construídos autonomamente pelos alunos. Na atividade sobre o efeito fotoelétrico, a estrutura formada foi na proposição inicial do professor em que aparece o problema, mas sem a relevância necessária, não ocorreu o levantamento de hipóteses e os alunos passaram a realizar um trabalho que não privilegiou a construção de raciocínio e, portanto, a formação de estruturas argumentativas. Para a atividade 1 o nível de argumentação é IV e para a atividade 2, o nível é I pois há uma estrutura argumentativa exatamente a proposição do problema pelo professor.

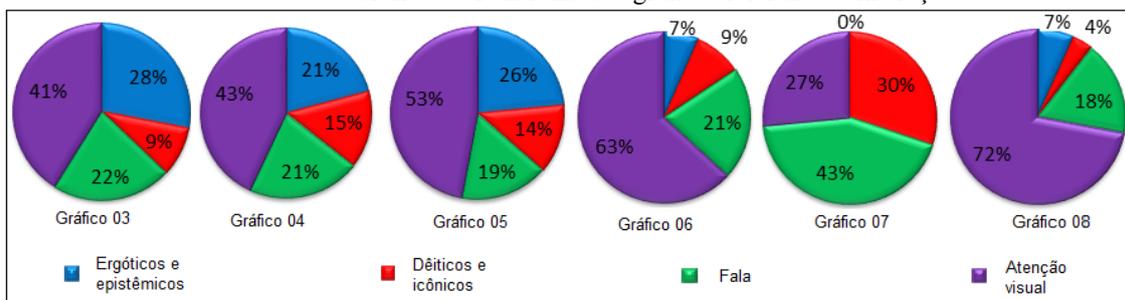
As relações CTS fazem parte da gama de perspectiva de debates que se abrem quando se promove um ensino por investigação, inclusive se este não for o tema central da proposta da sequência didática na atividade 2, o professor faz uma sucinta citação de aplicação do efeito fotoelétrico, no turno T.7, que o efeito fotoelétrico é usado nos sensores de porta de elevadores, para auxiliar na identificação e contextualização do tema. Por isso, a classifica-se em nível I, o mais baixo para percepções das relações CTS.

Para a atividade 1, os alunos empregam uma série de analogias com sistemas mecânicos empregados equipamentos atuais como relógio e bicicleta. Comentam, em tom de brincadeira a possibilidade de um elemento de automação no interior da caixa comandado por um sistema com Windows 8, ou por um Apple (T.155). No turno T.254, eles brincam com a possibilidade de que uma galinha correndo em um cilindro no interior da caixa fosse responsável pelo movimento das hastes. Automação é um reconhecimento de desenvolvimento tecnológico que ocorre na atualidade, mas improvável em um equipamento tão rústico como a caixa preta. Há a percepção de tecnologias que poderiam ser empregadas na caixa, mas não há identificação de qualquer relação CTS, por isso nível Zero.

Quanto aos aspectos da Natureza da Ciência, no turno T.321 e T.322, o professor faz menção às dificuldades enfrentadas pelos cientistas no período de trabalhos científicos relacionados a descobertas do efeito fotoelétrico. Uma aluna questiona se hoje, já não se tem uma resposta, e o professor reconhece a relevância da pergunta, mas não prossegue neste debate. Uma resposta definitiva a uma questão científica representa algo importante sobre a Natureza da Ciência que deveria ser ampliado para considerações de toda a turma. Pelo assunto ter surgido no diálogo professor aluno, mas apenas citado, foi categorizado no nível I, da tabela 1, sobre a Natureza da Ciência. Para a atividade 1, o professor fez a sistematização da aula na metade inicial da aula 2, antes de iniciar suas orientações sobre o efeito fotoelétrico, e deu destaque a questão dos modelos empregados pela ciência, recebendo a classificação, nível II, da tabela 1.

A última coluna do quadro 64 corresponde a tabela 9, sobre o uso de múltiplas representações. Dos quadros anteriores, quadro 61 e 62 nota-se o massivo emprego pelos alunos de variadas representações quando estruturavam o raciocínio científico escolar, buscando responder a questão proposta para a atividade com a caixa preta. Além destas, existem outras ferramentas empregadas na análise com uma diversidade de focos sobre os diferentes modos de representação e mediações ocorridas no decorrer das aulas.

Gráfico 9 - Panorama dos gráficos referente às interações



O gráfico 9, anterior mostra um panorama das interações ocorridas durante as aulas: os gráficos 03, 04, 05 e 06, são referentes a aula com a caixa preta enquanto os gráficos 07 e 08 são da aula com a simulação do efeito fotoelétrico. No gráfico 03 estão registradas as interações iniciais; no gráfico 04, os alunos passam a testar elementos hipoteticamente no interior da caixa aumentando as interações dêiticas e as simulações gestuais icônicas; no gráfico 05 há um grande aumento das representações icônicas e o início dos registros pictóricos e no gráfico 06, as concepções sobre o funcionamento da caixa encontram-se consolidadas, conforme mostram as estruturas de raciocínio (LAWSON, 2002, 2004) e há ênfase nas representações pictóricas que será empregada na comunicação à turma. Ocorreu

um afastamento do objeto, a caixa preta, como previsto por Roth e Lawless (2002), porém, os alunos empregavam gestos dêiticos e movimentos ergóticos para cooperarem com a conclusão (quadro 62).

Os gráficos 07 e 08 referem-se aos trabalhos sobre a simulação. O gráfico 07 das interações do professor e no gráfico 08 as interações dos alunos. O professor empregou a linguagem verbal como sua principal ação em aula, mas tendo em plano de fundo a página do applet e os movimentos dêiticos desempenhavam a função conectiva na cooperação destes modos semióticos. Embora na taxonomia dessas interações a linguagem verbal tenha superado a representação pictórica presente na tela do applet, o discurso do professor cabe apenas diante do applet: aplicou-se inúmeras vezes pronomes demonstrativos além dos gestos dêiticos; as falas em si foram muitas vezes incompletas, uma característica apontada por Lemke (2002) nos discursos dos professores em face de um cenário; e revela a importância dada pelo professor a representação visual, algumas vezes definindo o efeito fotoelétrico como o que estava sendo visto na representação.

A excessiva orientação ao desenvolvimento do trabalho restringiu a atividade a um fazer lúdico, a leitura da representação no applet e de seu registro, também imagético na forma de uma tabela. Outro aspecto desses dados que se é induzido a considerar consistiu na relevância e concepção do professor à frente deste molde de atividade que, embora manual e de exploração de aspectos visuais, não pode ser compreendido como ensino por investigação. Tanto na atividade com a caixa preta, quanto com a simulação foram explorados o uso de vários modos semióticos, enquadrando-se no item IV, na graduação quanto ao emprego de múltiplas representações.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa enveredou-se à procura pelo papel das variadas representações na construção do conhecimento científico escolar, e considerou-se que no ambiente de ensino por investigação ter-se-ia o mais frutífero campo de dados. Tendo isso em vista, foi apresentada uma consideração conceitual de ensino por investigação na concepção contemporânea, que vai além da aplicação de um método científico, fundamentado nas influências de Dewey.

Ao longo de décadas essa concepção foi enxertada com vários aspectos, chegando a uma visão ampla para a educação científica. O ensino por investigação que se considera tem ainda sua centralidade na presença de um problema e no levantamento de hipóteses, e ultrapassa uma proposta de investigação, de trabalho com os dados e de conclusão e/ou sistematização, pois também aborda argumentação, as relações CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), aspectos da natureza da ciência e a multimodalidade ou múltiplas representações empregadas na ciência. É evidente que outras formas de organização para estes itens são possíveis como fizeram Carvalho et al. (1999), Trópia (2011) e Lerdeman (2006).

Quanto às múltiplas representações, distinguiu-se entre os vários modos de interação dos envolvidos no processo em sala de aula: em representações gestuais icônicas, e representações pictóricas, tanto as desenhadas pelos alunos, quanto as que figuram na tela do computador; e as representações verbais, destacadas na classificação do processo argumentativo. Nas outras interações, destacam-se os meios de mediação entre os alunos e o professor, com as representações e com os objetos presentes na sala de aula.

Após meses de planejamento, buscou-se registrar as interações ocorridas em sala de aula para a tomada de dados. Mesmo tomando um leque de categorias para classificar essas interações, e isto de forma mais extensa que o encontrado nos trabalhos visitados, estes ainda eram poucos diante da riqueza de detalhes dessas interações. O trabalho dessa classificação em movimentos ergóticos e epistêmicos, e em gestos dêiticos e icônicos se apresentaram difíceis: 1) devido à riqueza das ações em cada evento na sala de aula. Cada minuto de aula filmada tornou-se uma hora de olhar para se produzir a classificação; 2) pois, como muitas vezes ocorre nas transcrições de aulas, nessa área de pesquisa, os turnos foram tomados pela ordem de autoria na fala. Mas o número de ações, movimentos e gestos exigiram fragmentar as falas em diversos turnos. Nesta pesquisa tornou-se evidente a dificuldade de se segmentar gestos (Cadoz, 1994). Os trabalhos visitados que envolvem movimentos e gestos apresentam considerações qualitativas assim como este, mas se

considerou necessário pontuar a frequência dessas ações e diagramá-la para promover uma referência também visual dessas interações e das demais aqui abordadas.

Serviu de motivação as considerações em Roth e Lawless (2002) sobre classificação de movimentos e gestos, além de uma aplicação de atenção a gestos de Padilha e Carvalho (2011), em sua pesquisa desenvolvida no ensino de física, e de McNeill, cujo trabalho aborda os gestos em um contexto dialético imagético. Mas algumas referências sobre este modo semiótico, movimentos e gestos são do campo de pesquisas associado ao uso de computadores ou a sensores remotos (CADOZ, 1994; HUMMMELS e STAPPERS, 1998). Mesmo Roth e Lawless (2002), cujo trabalho refere-se ao ensino tomam seus dados em movimentos ligados ao uso de uma simulação computacional.

Os dados confirmam o emprego inicial de movimentos ergóticos e epistêmicos e afastamento crescente do percepto, começando com representações gestuais icônicas e posteriormente centralizando as ações sobre a representação pictórica. Essa transição não ocorreu abruptamente, como se fossem três estágios distintos, mas, de forma gradual, as atenções oscilavam, ora na caixa, ora nos gestos icônicos e posteriormente ora na caixa, ora nos gestos, ora no desenho. Quando a concepção sobre o mecanismo da caixa estava finalizada os alunos passaram a dedicar-se predominantemente ao desenho, mas este era o produto esperado da atividade a ser compartilhado com a turma (gráfico 06). Esboços dos desenhos foram usados em diversas ocasiões no processo de construção do raciocínio, contudo, a atenção foi menor que no episódio final, quando a concepção já havia sido declarada verbalmente pelos alunos.

Para a atividade com a caixa preta, dois momentos na construção do raciocínio científico se sobrepõem aos demais pelos números de interações semiotizadas: a colocação da hipótese e o planejamento e realização dos testes (quadro 62). Para a simulação, a atenção visual é superior às demais formas de representação (gráfico 8), porém sem o vínculo com o problema e sem um levantamento de hipóteses, a atividade foi reduzida a ações lúdicas, ao fazer escola. A relevante função ostensiva dos perceptos, que são para se notar visualmente, e que auxiliam na cognição e na comunicação, não suplanta a necessidade de clareza sobre o processo investigativo, da necessidade do problema, das hipóteses e da autonomia para os alunos.

Foram formuladas várias questões para a simulação, mas que foram usadas para mapear todas as considerações sobre o efeito fotoelétrico, e aos alunos nem sequer lhes foi dado tempo para ouvir ou para assimilar as questões. A atividade de simulação foi lúdica, de

interação, mas não produziu resultados semelhantes à primeira: construção de raciocínio científico e satisfação em participar desse processo como declarado no tópico 4.3.

Algumas questões surgiram no decorrer desta análise, mas não faziam parte dos dados materiais considerá-las. Algo afetou a ação deste professor em sala de aula? Ainda que ele seja experiente em participação de pesquisas em sala de aula, a presença da câmera induziu alguma ação diferente do que normalmente ocorre no cotidiano de suas aulas. Ele fez um discurso solo, não permitindo nenhuma manifestação dos alunos. Ele formulou muitas questões, mas não deu tempo aos alunos para que elaborassem respostas. Houve um grande controle do espaço escolar, mas até que ponto isto é significativamente benéfico? Nesta atividade, seria mais salutar a maior exploração dos alunos na simulação empregada. Como não se tinha inicialmente a intenção de analisar esta aula, mesmo gravando a sequência completa, isto levou o professor a agir promovendo um ensino tradicional e por transmissão? Como o tempo proposto para essa atividade afetou a maneira de trabalhá-la com os alunos?

Há correntes de professores que, para as atividades investigativas, consideram necessário maior período de tempo. A atividade sobre o efeito fotoelétrico possuía uma previsão de realização em duas aulas. O professor dedicou meia aula para orientações e uma aula para realização da simulação lúdica sobre o efeito fotoelétrico. Posteriormente, retornou à sala de aula dedicando mais uma aula para os alunos retomarem os dados na forma de uma tabela e mais uma aula para resolução de um questionário sobre o efeito fotoelétrico. Ou seja, as duas aulas sem a metodologia investigativa se tornaram quatro.

As práticas investigativas não são naturais, e mesmo tendo em mãos aulas planejadas e um acompanhamento semanal, a regência do professor a tornou uma aula prática de um ensino tradicional. A riqueza de dados gerados nesta pesquisa teve sua análise restrita ao tempo escasso para a conclusão da mesma. Da programação que continha dez aulas, analisou-se duas e meia. Há uma quarta aula já transcrita e classificada segundo a metodologia empregada neste trabalho, a aula com a montagem do interferômetro de Mach Zehnder, em que foi feito um circuito em sala de aula e os alunos montaram o interferômetro e manipularam, na mesma aula, a simulação computacional. Além destes dados, para cada turno das transcrições, destas três aulas e meia, capturou-se uma ou mais fotografias que ajudaram a compreender as interações ocorridas, assim como as empregamos para o turno T.122.

Essa pesquisa confirma que é muito importante o emprego de vários modos semióticos na construção do conhecimento, mas, embora o uso do computador e de simulações, atividades práticas e representações visuais seja considerado importante na educação científica, não se pode ignorar as práticas investigativas. Também, na tomada dos dados,

foram possíveis identificações categóricas dentro das demandas dessa pesquisa, mas que poderiam ser em alguns casos mais pontuais. Assim, algumas propostas de prosseguimento desta pesquisa seriam: aplicar essas categorias de representações e mediações em uma sequência de aulas mais próximas ao ensino por investigação; empregar as ferramentas de análise aqui construídas, para comparar, dentro de diferentes moldes de aulas investigativas, quais se aproximam mais de “ensino por investigação”; aprimorar o registros para tomada de dados com especial atenção aos desenhos dos alunos; um aprofundamento nos estudos relacionando gestos e cognição.

## REFERÊNCIAS

- AGRELLO, D. A.; GARG, R. Compreensão de gráficos de cinemática em física introdutória. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, 1999.
- ANDRADE, B. L. et al. Analogias e metáforas no ensino de Ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **Revista Ensaio**, v. 2, n. 2, p. 231-245, 2002.
- ARAPAKI, X.; KOLIOPOULOS, D. Popularization and Teaching of the Relationship Between Visual Arts and Natural Sciences: Historical, Philosophical and Didactical Dimensions of the Problem. **Science & Education**, New York, 20, p. 797-803, 2011.
- ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 2, 2004.
- BARRELO JUNIOR, N. **Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática de física moderna**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- BEICHNER, R. J. Test of Understanding Graphs in Kinematics. **American Journal of Physics**, v. 62, n. 8, p. 750-755, 1994.
- BLACK, M. **Models and Metaphors**. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1962.
- BORGES, A. T. Um estudo de modelos mentais. **Investigações em ensino de ciências**, v. 2, n. 3, p. 207-226, 1997.
- BROCKINGTON, G. **A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio**. 2005. 268 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências: modalidade Física) Programa Interunidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- CADOZ, C. **Les réalités virtuelles** [Virtual realities]. Paris: Flammarion, 1994.
- CANDELA, A. Prácticas discursivas en el aula y calidad educativa. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, v. 4, n. 8, p. 273-298, 1999.
- CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. Argumentação numa Aula de Física. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. Ed. Thomson: São Paulo, SP, 2004.

CARMO, A. B. **A linguagem matemática em uma aula experimental de física**. 2006. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CARMO, A. B.; DE CARVALHO, A. M. P. Iniciando os estudantes na matemática da física através de aulas experimentais investigativas. **Encontro de pesquisa em ensino de Física**, v. 10, 2006.

CARMO, A. B.; CARVALHO, A. M. P. Construindo a Linguagem Gráfica em Uma Aula Experimental. **Ciência e Educação (Unesp)**, v. 15, p. 61-84, 2009a.

CARMO, A. B.; CARVALHO, A. M. P. Construindo linguagem matemática em uma aula de física. In: NASCIMENTO, S. S.; PLANTIN, C. (Org.). **Argumentação e Ensino de Ciências**. Curitiba: Editora CRV, v. 1, 2009b.

CARVALHO, A. M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em sala de aula. In: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. (Orgs.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Ijuí: Editora Unijuí, 2006.

CARVALHO, A. M. P. Las practicas experimentales en el proceso de enculturación científica. In: GATICA, M. Q.; ADÚRIZ-BRAVO, A. (Ed.). **Enseñar ciencias en el Nuevo milenio: retos e propuestas**. Santiago: Universidade do Chile, 2006.

CARVALHO, A. M. P. Enculturação científica: uma meta do ensino de Ciências. In: TRAVESSINI, C.; EGGERT, E.; PARES, E.; BONIN, L. (Orgs.). Trajetórias e processos de ensinar a aprender: práticas e didáticas. **XIV ENDIPE**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008, v. 2, p. 115-135.

CARVALHO, A. M. P. Habilidades de professores para promover a enculturação científica. **Revista Contexto e Educação**, v. 22, n. 77, p. 25-49, 2007.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para sua implementação em sala de aula**. Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P.; SANTOS, E.; AZEVEDO, M. C.; DATE, M.; FUJII, S.; NASCIMENTO, V. B. **Termodinâmica: um ensino por investigação**. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1999.

CHINN, C.; MALHOTRA, B. A. Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. **Science Education**, 86, p. 175-218, 2002.

COOK, M. P. Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. **Science Education**, v. 90, n. 6, p. 1073-1091, 2006.

DE AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. **Ensino de ciências**: unindo a pesquisa e a prática, p. 19, 2004.

DEWEY, J. **Democracia e educação**: introdução à Filosofia da Educação. 3 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1959.

DEWEY, J. **Experiência e Educação**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1971.

DRIVER, R.; ASOKO, H. et al. “Construindo conhecimento científico na sala de aula.” **Revista Química Nova na Escola**, v. 1, n. 9, p. 31-40, 1999.

EDGERTON, S. Y. Brunelleschi’s mirror, Alberti’s window, and Galileo’s ‘perspective tube’. **História, ciência, saúde-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 13, p. 151-179, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-59702006000500010&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702006000500010&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 17 feb. 2013.

FLORES-CAMACHO, F.; GALLEGOS-CÁZARES, L.; GARRITZ, A.; GARCÍA-FRANCO, A. Incommensurability and Multiple Models: Representations of the Structure of Matter in Undergraduate Chemistry Students. **Science & Education**, New York, v. 16, Issue 7-8, p. 775-800, 8/2007.

FLORES, C. R.; MORETTI, M. T. O funcionamento cognitivo e semiótico das representações gráficas: ponto de análise para a aprendizagem matemática. In: Reunião da Amped, 28, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Amped, 2005.

FEYNMAN, R. P. **Deve ser brincadeira, Sr. Feynman!**. Editora Universidade de Brasília, 2000.

GIL, D., MARTINEZ TORREGROSA, J. **La resolución de problemas de Física**. Madrid: M.E.C., 1987.

GÓIS, J.; GIORDAN, M. Semiótica na Química: a teoria dos signos de Pierce para compreender a representação. **Cadernos temáticos de Química Nova na Escola**, n. 7, p. 34-42, 2007.

GRYNSZPAN, D.; AZEVEDO, S. M. G. O “ABC na Educação Científica – Mão na massa”: Construindo uma proposta de avaliação educacional com base em pesquisa sobre a implementação do projeto. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. **Anais...**, Florianópolis, 2007.

HESSE, M. Models and analogy in science. In EDWARDS, P. (ed.). *The encyclopedia of philosophy*. New York: MacMillanv, v. 5, p. 354-359, 1972.

HOLTON, G. **A imaginação científica**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1979.

HOLTON, G. **A cultura científica e seus inimigos**: o legado de Einstein. Lisboa: Gradiva Publicações Ltda, 1998.

HUMMELS, C.; STAPPERS, P. J. Meaningful gestures for human computer interaction: beyond hand postures. In: Automatic Face and Gesture Recognition, 1998. Proceedings. THIRD IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IEEE, **Proceedings...**, 1998, p. 591-596.

IZQUIERDO-AYMERICH, M.; ADU'RIZ-BRAVO, A. Physical Construction of the Chemical Atom: Is it Convenient to Go All the Way Back? **Science Education**, v. 18, p. 443-455, 2009.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; RODRIGUEZ, A. B.; DUSCHL, R. A. "Doing the Lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics. **Science Education**, v. 84, n. 6, p. 757-792, 2000. s

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P; DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. Discurso de aula y argumentación en la clase de ciências: cuestiones teóricas y metodológicas. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 21, n. 3, p. 359-370, 2003.

KRESS, G. (Ed.). **Multimodal teaching and learning**: The rhetorics of the science classroom. Bloomsbury Publishing, 2001.

LABURÚ, C. E.; DA SILVA, O. H. M. O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 3, p. 721-734, 2011.

LAWSON, A. E. What does Galileo's discovery of Jupiter's moons tell us about the process of scientific discovery? **Science & Education**, New York, v. 11, n.1, p. 1-24. 2002

LAWSON, A. E. The nature and development of scientific reasoning: a synthetic view. **International Journal of Science and Mathematics Education**, Taiwan, National Science Council, v.2, n3, p.307-338, 2004

LAWSON, A. E. Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. **Science & Education**, New York, v. 94, p. 336-364, 2010

LEDERMAN, N. G. Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. **Scientific Inquiry and Nature of Science**, p. 301-317, 2006.

LEMKE, J. L. Analysing verbal data: principles, methods, and problems. In: TOBIN, K.; FRASER, B. (Eds.). **International handbook of science education**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1998.

LEMKE, J. L. **Aprender a hablar ciencia**. Barcelona: Paidós, 1997.

LEMKE, J. L. Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In: MARTIN, J.; VEEL, R. (Eds.). **Reading science**. Londres: Routledge, 1998a.

LEMKE, J. L. Typological and topological meaning in diagnostic discourse. **Discourse processes**, v. 27, n. 2, p. 173-85, 1999.

LEMKE, J. L. Mathematics in the middle: measure, picture, gesture, sign, and word. In: ANDERSON, M.; SAENZ-LUDLOW, A.; ZELLWEGGER, S.; CIFARELLI, V. (Eds.). **Educational perspectives on mathematics as semiosis: from thinking to interpreting to knowing**. Ottawa: Legas Publishing, 2002a.

LEMKE, J. L. Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes, y acciones. In: BENLLOCH, M. (Ed.). **La educación en ciencias**. Paidós, Barcelona, 2002b.

LEMKE, J. L. Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 1, p. 5-12, 2006.

LERNER, N. Drawing to learn science: legacies of Agassiz. **Journal of Technical Writing and Communication**, v. 37, n. 4, p. 379-394, 2007.

LOCATELLI, R. J.; CARVALHO, A. M. P. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 3, 2007.

MÁRQUEZ, C.; IZQUIERDO, M.; ESPINET, M. Comunicación multimodal en la clase de ciencias: el ciclo del agua. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n. 3, p. 371-386, 2003.

MARTINS, I. Explicação, representações visuais e retórica na sala de aula de ciências. In: **Linguagem, cultura e cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula**. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

MARTINS, I. Comunicação e cultura no ensino de ciências: reflexões a partir de análises de livros didáticos. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 16, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CEFET-RJ/Snef, 2005.

MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; PICCININI, C. Aprendendo com imagens. **Ciencia e Cultura, Campinas**, v. 57, n. 4, p. 38-40, 2005.

MATTHEWS, M.R. Models in science and in science education: an introduction. **Science & Education**, v. 16, p. 647-652, 2007.

McNEILL, D. **Hand and Mind: What Gestures Reveal about Thought**. Chicago: University of Chicago Press, 1992.

McNEILL, D. Gesture and language dialectic. **Acta Linguistica Hafniensia**, p. 7-37, 2002.

McNEILL, D. **Gesture and thought**. University of Chicago Press, 2008.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em ensino de ciências**, v. 7, n. 1, p. 7-29, 2002.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do Método Científico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 10, n. 2, p. 108-117, 1993.

MOREIRA, M. A. A física dos quarks e a epistemologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 161-173, 2007.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Revista Ensaio**, v. 1, 2008.

NASCIMENTO, S. S.; VIEIRA, R. D. Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 2, 2008.

NIAZ, M. Representing Electrons: A Biographical Approach to Theoretical Entities, IN Theodore Arabatzis. **Science Education**, v. 20, p. 921-925, 2011.

OTERO, M. R.; GRECA, I. M. Las imágenes en los textos de Física: entre el optimismo y la prudencia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 37-67, 2004.

PADILHA, J. N.; CARVALHO, A. M. P. Relações entre os gestos e as palavras utilizadas durante a argumentação dos alunos em uma aula de conhecimento físico. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 2, p. 25-40, 2012.

PAIVA, J. R.; SILVA, J. F.; BARRELO Jr., N. B.; PIETROCOLA, M.; CARVALHO, A.M.P. Uma Abordagem as linguagens na aprendizagem de um conceito de Física Moderna: O espalhamento das partículas alfa. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, SNEF 2009, Vitória, ES

PAIVA, J. R.; CARVALHO, A.M.P. Relações entre os modos semióticos verbal e pictórico no ensino de física moderna. **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2011 – Manaus, AM**. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/-resumos/T0665-2.pdf>>. Acesso em: 20 jun 2013.

PAIVA, J. R. **Representações pictóricas no ensino de física moderna**: uma construção dos alunos. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação: Ensino de Ciências, Ensino de Física). Programa Interunidades, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

PAIVA, J. R.; BARRELO Jr., N. Cooperação e Especialização entre Modos Semióticos em um texto didático de ensino de Física Moderna. In: IX CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS VIENCIAS, 2013, GIRONA. **Revista Enseñanza de las Ciencias**. València: PUV- Universitat de València Publicaciones, 2013. v. Extra. p. 2.639-2.644.

PAULA, H. F. **A ciência escolar como instrumento para a compreensão da atividade científica**. 2004. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**- Brasília: Ministério da Educação, 2000. 58p.

PENHA, S. P.; VIANNA, D. M. A Física e a sociedade na TV. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6, Florianópolis, 2007. **Anais do VI Enpec**, Belo Horizonte: Abrapec, 2007.

PESSOA, Jr. O. **Fundamentos da Física 1** – Simpósio David Bohm. São Paulo: Livraria da Física, 2001.

PESSOA, Jr. **Conceitos de Física Quântica 1**. São Paulo: Livraria da Física, 2003.

PESSOA, Jr. A representação pictórica de entidades quânticas da Química. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 7, p. 25-33, 2007.

PERALES PALACIOS, F. J. Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 1, p. 13-30, 2006.

PIETROCOLA, M.; CARVALHO, A. M. P. (Org.). Atualização dos currículos de Física no Ensino Médio de escolas estaduais: a transposição das teorias modernas e contemporâneas para a sala de aula. **Projeto Temático financiado pela Fapesp, Processo 03/00146-3**, 2003.

PICCININI, C. L.; MARTINS, I. Palavras, gestos e imagens: A construção de sentidos na sala de aula de ciências. **IV Encontro Nacional de pesquisa em educação em ciências**. 2003.

PICCININI, C. L.; MARTINS, I. Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 6, n. 1, 2004.

PODOLEFSKY, N. S.; FINKELSTEIN, N. D. Analogical scaffolding and the learning of abstract ideas in physics: An example from electromagnetic waves. **Physical Review Special Topics-Physics Education Research**, v. 3, n. 1, p. 010109, 2007.

REIS, J. C.; GUERRA, A.; BRAGA, M.: Ciência e arte: relações improváveis? **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 13, (suplemento), p. 71-87, out. 2006.

RODRIGUES, T. A.; BORGES, A. T. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, Curitiba. Atas... Curitiba: SBF, 2008.

ROTH, W.-M. Competent workplace mathematics: how signs become transparent in use. **International Journal of Computers for Mathematical Learning**, v. 8, n. 3, p. 161-189, 2003.

ROTH, W.-M.; LAWLESS, D. Science, culture and the emergence of language. **Science Education**, v. 86, n. 3, p. 368-385, 2002.

RUSSEL, T. E.; MORROW, J. E. Reform in Teacher Education: Perceptions of Secondary Social Studies Teachers. **Theory and Research in Social Education**, v. 14, n. 4, p. 325-30, 1986.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula. 2008. 180 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em ensino de ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SILVA, C. C. Uma análise histórica do uso de modelos no eletromagnetismo. **Ata do V Encontro Nacional de Pesquisa e educação em Ciências**, Bauru, São Paulo. n. 5, 2005, p.

\_\_\_\_\_. The role of models and analogies in the electromagnetic theory: a historical case study. **Science & Education**, New York, v. 16, n. 7-8, p. 835-848, 2007.

SILVA, J. F. **Apropriação da linguagem científica por parte dos alunos em uma sequência de ensino de física moderna**. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação: Ensino de Ciências, modalidade Ensino de Física) Programa Interunidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SIQUEIRA, M. **Do visível ao indivisível**: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio. São Paulo: IF/FE USP, 2006.

SOUZA, W. B.; RICARDO, E. C.; PAIVA, J. R.; NETO, P. A.; CORRÊA, R. W. A vigilância epistemológica de Chevallard aplicada ao espalhamento das partículas alfa. XIV EPEF, Maresias, 2012.

SUTTON, C. Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique*, Barcelona, ano IV, n. 12, p. 8-32, 1997.

TOULMIN, S. **Os usos do argumento**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

TRÓPIA, G. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, p. 121, 2011

TRUJILLO AMAYA, J. F. **Reseña**: Los usos de la argumentación/Stephen Toulmin. 2011.

TWENEY, R. D. Representing the electromagnetic field: How Maxwell's mathematics empowered Faraday's field theory. **Science & Education**, New York, v. 20, n. 7-8, p. 687-700, 2011.

VAN MANEN, M. **Researching lived experience**: Human science for an action sensitive pedagogy. New York: State University of New York Press, 1990.

WELTI, R. Obstáculos conceptuales en el aprendizaje de la energía de las ondas. **Revista Brasileira de Ensino de Física** (on-line), v. 27, n. 3, p. 487-190, 2005. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/escolamiguelmunhozfilho/>>. Acesso em: 9 mar. 2013.

## ANEXO A – Caixa Preta

TURNO TEMPO ATOR	
1 00:00	P: O projeto que a gente vai iniciar hoje, a gente vai começar com uma atividade e, essa atividade, ela tem um caráter um pouquinho investigativo, ou seja, vocês <i>vão tá trabalhando</i> um pouco aí na perspectiva de como vocês fossem um cientista, então o que que vocês vão fazer, pessoal. Nós vamos nos dividir em oito grupos. Cada grupo pode ter, no máximo, oito. Não, vai dar uma maioria de sete a oito, vai depender da quantidade de pessoa, cada um vai fazer grupo de quatro pessoas, e aí eu vou pedir o seguinte: Que cada grupo fique num cantinho da sala, então vamos ver
2 00:36	A: Conversa.
3 00:40	P: Estamos em vinte e sete mais ou menos, então dá certinho, sete grupos com quatro integrantes. Eu vou entregar pra cada grupo uma folha de sulfite. Nessa folha de sulfite vocês colocarão o nome completo de cada um com o número e a turma, beleza? E aí a tarefa nossa hoje, pessoal, <i>tá</i> tudo aqui, a tarefa de vocês vai ser isso aqui, eu vou entregar <i>pra</i> cada grupo uma caixinha dessa aqui que a gente <i>tá</i> batizando a partir desse momento de caixa preta. Qual é a tarefa de vocês enquanto cientistas, <i>né</i> , investigador? Vocês vão manipular essa caixinha, não pode abri-la em hipótese alguma, só que vocês vão fazer o seguinte, vocês <i>tão</i> olhando que ela tem duas extremidades aqui? E aí, vocês vão brincar de manipular isso daqui. E a tarefa de vocês vai ser a seguinte: vocês vão ter que tentar representar no papel por meio de uma figura, uma ilustração como é que isso aqui funciona. Vocês vão brincar de mexer com isso aqui, vão tentar desenhar no papel qual é o mecanismo que tem aqui dentro, se é que tem alguma coisa aqui dentro, que explica por que que isso aqui funciona. Depois que todo mundo fizer, vou dar um tempo e vou passando de grupo em grupo. Depois cada grupo virá aqui na frente e vai ter que expor <i>pros</i> demais como é que pensou, imaginou o funcionamento dessa caixinha, beleza? Pessoal, é tranquilo, sem medo de errar, <i>tá</i> , gente? A gente <i>tá</i> aqui... a gente não sabe o que tem aqui dentro mesmo, então vamos tentar agir da maneira natural mesmo. Se você não sabe o que tem aqui, vamos começar a pensar, a imaginar. Conversem entre vocês em grupo. Certamente vocês vão chegar em um consenso. <i>Tá</i> legal?
4 02:23	A1: Professor, e se eu imaginar o que tem aí dentro?
5 02:25	P: Boa pergunta, só Deus sabe. Pessoal, o legal vai ser assim, cada um vai fazer o seu desenho, depois a gente vai vir aqui na frente e é legal que cada um vai comparar o seu, <i>tá</i> , ninguém <i>vai</i> ver o que <i>que</i> é melhor que um, o que é melhor que outro. Pessoal, dividam-se em grupo aí, sete grupos de quatro pessoas.
6 02:31	A2: Roda <i>pra</i> ver o que tem aí dentro. Sacode aí <i>pra</i> ver se tem alguma coisa dentro.
7 02:31	A2: Sacode aí.
8 02:31	A2: Sacode aí <i>pra</i> ver se tem alguma coisa dentro.
9 02:32	A3 [chacoalha a caixa próximo ao ouvido] Não tem, não faz barulho. A3 [Então: bate com os dedos contra a caixa e deduz:] Isso aqui é uma madeira, certo?
11 02:32	A2: Do que será que é feito? Madeira.
12 02:39	A3: Ele <i>tá</i> enrolado em alguma coisa...

13 02:42	A5: Eu acho que é uma esponja.
14 02:44	A3: Não parece...
15 02:45	A4: Eu acho que é uma ...
16 02:46	A5: Porque, se você tocar assim, dá <i>pra</i> você sentir alguma coisa, parece que é uma esponja.
17 04:50	A4: Eu acho que é uma mola.
18 04:51	A2: <i>Pera</i> , Igor. Dá licença, Igor. Gente, oh, <i>roda</i> , ele não roda. Já sabemos que ele é feito de madeira e se eu puxar de um lado estica do outro. Vai desenhando... anotando isso.
19 04:11	A5: Vai, ó, tem um lápis, uma lapiseira porque lápis é coisa de pobre.
20 05:16	A4: Ele vai dar uma folha, se não sabe?
21 05:20	A5: Rascunho, rascunho, filha. Eu posso dar uma olhada?
22 05:25	A3: Tem um plástico aqui dentro.
23 05:26	A5: Deixa eu ver.
24 05:29	A3: Não. Você vai ter que mexer nos negócios e ouvir. Faz um barulhinho <i>meio que</i> uma garrafa.
25 05:44	A5: Dá <i>pra</i> ouvir?
26 05:45	<i>Pera</i> . A4 [volta a se debruçar sobre a caixa, encosta o ouvido na caixa e passa a manusear] Não estou ouvindo nada.
27 05:55	A3: Não tem som de plástico? Puxa os dois lados, os dois lados.
28 06:02	A4: Eu acho que tem uma mola aí.
29 06:10	A2: <i>Pra</i> que será que serve isso? Tem um negócio aqui, ó.
30 06:10	
31 06:10	A2: Deve ter uma mola, porque você sacode assim tem um negocinho.
32 06:27	Gestual.
33 06:27	A2: Ela faz um barulho quando você mexe, então eu acho que não é uma esponja, porque senão...
34 06:31	A5: É um elástico ou uma mola.
35 06:34	A2: Mas por que será que quando você puxa um lado o outro também estica?

36 06:37	A3: É por causa do elástico.
37 06:42	A5: Por causa do elástico, é o mesmo...
38 06:43	A4: É você puxa, ó se você puxar o lado de lá estica também, <i>tá</i> vendo?
39 06:48	A2: Então, <i>pera, pera...</i>
40 06:51	A5: Se eles fossem separados. Eles <i>tão</i> juntos, eles <i>tão</i> juntos. Se ele fosse separado não ia fazer isso.
41 06:51	“Gestual”
42 06:59	A2: Mas o que seria <i>pra</i> puxar um lado e esticar o outro?
43 07:01	A5: Um elástico.
44 07:04	A4: Mas se fosse um elástico puxaria só um lado, não esticaria o outro.
45 07:13	A5: Pode ser um elástico e uma mola.
46 07:18	A3: Agora como ilustrar isso... vai anotando aí, elástico, mola.
47 07:28	A2: Anotei aqui, ele é feito de madeira, quando puxa um lado o outro também estica, ele tem uma mola ou um elástico.
48 07:35	A5: Ou os dois.
49 07:36	A2: Mola e elástico.
	Episódio 4 – A TRANSGRESSÃO AO DESAFIO.
50 7:38	A5: A gente tem que adivinhar o que <i>que</i> tem dentro.
51 07:41	A3: É mais ou menos uma coisa que tem que no centro se você puxar ele estica e aí empurra o outro lado.
52 07:47	A4: Vamos abrir? (risos)
53 07:50	A2: A câmera aí.
54 08:01	Gestual.
55 08:01	A3: Tem um prego aqui?
56 08:04	A2: Pregos? Vai, a gente tem que fazer, ó, se eu puxo um lado, que que faz o outro pular?
57 08:16	A3: Ó o barulhinho, ó o barulhinho.
58 08:18	A2: Isso é barulho da madeira, Igor. Então, tem uma bolinha aí.

59 08:26	A5: Tem alguma coisa aqui.
60 08:28	A4: Eu acho que é uma mola.
61 08:25	A2: A gente já sabe que são dois ferrinhos.
62 08:38	A5: Ah... <i>tá</i> ligado... não tem uma bicicleta? A bicicleta não tem uma corrente? Não tem um rolete? É o rolete. Ó, aqui tem uma bicicleta Esse aqui é onde a corrente passa, entendeu? Tem um rolete ali dentro.
T. 63 09:01	A2: E qual que é a função do rolete?
T. 64 09:02	A4: Isso aqui
T. 65 09:03	A5: Quando você pedala e o...
66 09:08	A4: Esqueceu <i>da</i> gente.
67 09:09	P: Não é que eu fui dando a volta. Ó, marquem aqui nome, número e turma de vocês, <i>tá</i> , nome completo, aqui vocês vão tentar desenhar no papel de maneira mais legível possível uma figura que ilustre o que vocês acham que tem lá dentro que ilustre o mecanismo que funciona ali. Então, não se <i>preocupa</i> se o desenho não todo bonito, não é isso, mas eu quero que vocês façam de uma maneira bem legível o que vocês acham que tem ali dentro, aí vocês vão dialogar entre vocês e tentar chegar num consenso.
68 09:38	A4: Não tem como eu saber o que <i>que</i> tem aqui dentro, mas que diacho!
69 09:42	A3: Acho que eu entendi o que ela quis dizer, é <i>meio que</i> assim, como se fosse uma engrenagem,
70 09:42	A3: aí, por exemplo, se essa parte descer, a outra também desce, porque vai encaixando.
71 09:50	A5: Mas se essa, se faz diferença uma vai <i>pro</i> lado e outra vai <i>pro</i> outro.
72 09:54	A4: Não, mas como que vai ser isso?
73 09:58	A2: Não, mas é que assim, ele puxa essa parte <i>vai tá rodando</i> pra lá.
74 10:02	A3: É meio <i>que</i> inclinado, puxa de um lado, aí essa vai se mover, essa se movendo a outra também se move.
75 10:05	A3: Aí a outra teria que vir <i>pra</i> dentro.
76 10:10	A2: Como se isso aqui fosse o pedal...
77 10:11	A5: Não, esquece o pedal. Ó, quando você abre um relógio não tem um negócio que fica girando, um gira <i>pra</i> um lado e um gira <i>pra</i> outro?
78 10:13	A3: São as engrenagens.
79 10:17	A5: São assim, as engrenagens.

80 10:23	A2: Então desenha aí.
81 10:26	A4: Mas que diabo tem aqui dentro?
82 10:24	A5: Faz e aquele negócio da bicicleta que você pedala?
83 10:27	A2: Aí, só que você coloca os ferrinhos. Você coloca dois e os ferrinhos na ponta.
84 10:34	A5: Isso. Aí, <i>péra</i> aí. Aqui, ó, aqui na bicicleta fica o pedal e do outro lado fica outro pedal. E aqui, ó, aqui em volta passa a corrente, entendeu?
85 10:51	A3: Vai pedalando ela vai indo pra frente.
86 10:52	A5: Se você pedalar, ó, você vai pedalar...
87 10:58	A4: Então, seria assim, ó. Ao contrário. Mas, meu, não tem como.
88 11:01	A2: Rodar ela não roda em vez dela rodar ela.
89 11:06	A5: Então, isso aqui <i>tá</i> ao contrário.
90 11:09	A2: Olha, rodar ela não roda.
91 11:15	A5: Se você for fazer assim tem que imaginar.
92 11:18	A4: Eu ainda acho que é uma mola.
93 11:24	A2: É, então, é como se essa corrente aqui você puxa um lado a corrente se move pra lá. Entendeu? Esse lado aqui é o... tipo pedal da direita com o outro.
94 11:33	A3: Por enquanto vai colocando os nomes aí, alguém aí coloca.
95 11:37	A2: <i>Dá</i> uma caneta aí, não, caneta se não alguém pode roubar nossas ideias.
96 11:44	A5: Faz assim, ó. <i>Tá</i> ouvindo?
97 11:49	A2: <i>Tá</i> parecendo negócio de relógio mesmo.
98 11:52	A5: <i>Tá</i> ouvindo, Tainá?
99 11:54	A2: Parece um negócio de relógio mesmo.
100 11:57	A4: É uma mola.
101 11:58	A5: É uma mola com isso daqui. É uma mola com essa engrenagem aqui, só pode.
102 12:06	A4: Não tem como colocar uma mola nesse trem aqui, Evelin.
103 12:08	A3 e A5: Tem sim.

104 12:10	A2: É que a gente não <i>tá</i> vendo. Tem que ver com os ouvidos. Entendeu?
105 12:53	A3: Aqui tem um prego. Certeza.
106 12:59	A4: Eu tenho certeza [de] que tem uma mola aí dentro.
107 13:10	A5: Sim, é um prego. Dá pra ver que é um prego. [...]
108 13:10	Gestual.
109 13:30	A2: Nós sabemos que a função é da engrenagem.
111 13:34	A5: Aí tem uma mola. Tem uma engrenagem e uma mola.
112 13:38	A2: Qual é a função da mola?
113 13:40	A5: É, qual é a função da mola não, do elástico.
114 13:44	A3: Só funciona se eu puxar, se eu empurrar o outro lado <i>meio que</i> não move. Só se você puxar que sente aqui. Acho que é mesmo a liguinha [de] que você falou.
115 13:53	A4: Mas como que vai ter uma liguinha aí pra fazer esse troço?
116 14:03	A5: Calma, aqui tá um fio.
117 14:06	A4: E a mola vai <i>tá</i> onde?
118 14:13	A5: Eu <i>tô</i> dando a ideia. É a ideia. É a ideia, <i>tô</i> dando a ideia.
119 14:20	A4: <i>Tá</i> , mas aí tem que... tem que dar a ideia baseado nisso aqui.
120 14:24	A2: A gente ainda não entendeu o que empurra o negócio <i>pra</i> lá.
121 14:26	A4: É a mola.
122 14:30	A2: Mas a mola, se a mola <i>tá</i> aqui, <i>tipo</i> , se tiver uma mola mesmo, se você puxar, a mola vai diminuir, <i>tipo</i> , se ela tiver presa na mola, <i>tipo</i> , a mola <i>tá</i> reta, se você puxar, a mola diminui ou ela estica. Vou pegar informações. [A relação de proporcionalidade expressa um raciocínio matemático]
123 15:04	A4: É uma mola.
124 15:13	A2: Eles já desenharam isso no papel, por isso que eu <i>tô</i> falando. Eles desenharam a engrenagem. [...] também pode ter um negócio que tipo uma <i>maqui</i> , uma coisa que empurra ela <i>pra</i> lá. <i>Que</i> quando você puxa ali o outro empurra.
125	A2: Vai assim, ó, tem um negócio aqui, aí eu puxo esse negócio <i>pra</i> ele ir <i>pra</i> lá. Porque aí empurra o ferrinho <i>pro</i> outro lado também.
126	Gestual.
127 16:28	A2: Puxo e solta isso aí <i>pra</i> gente ver se tem uma mola mesmo.

128 16:32	A5: Uma mola tem, tenho certeza.
129 16:35	A2: Uma mola ou um elástico?
130 16:36	A5: O elástico eu não sei, mas a mola é certeza.
131 16:38	A4: Olha, quem vai ficar com a parte de desenhar?
132 16:40	A2: O Igor.
133 16:43	A4: Eu não quero a lapiseira, senão a ponta vai quebrar.
134 16:48	A4: Pobre quando nasce pobre a gente não pode enfiar riqueza nele.
135 16:56	A3: Eu sou a cara da riqueza. Eu sou a cara da riqueza. Me dá alguma coisa <i>pra</i> eu apoiar.
136 17:05	A4: Folgada, ela quer que eu pegue meu negócio aqui.
137 17:08	[...]
138 17:11	A3: Alguém tem uma régua? Régua, não? Ninguém tem?
139 17:13	A: Conversas.
140 18:24	A2: <i>Tá</i> vendo que o ferrinho que tem aqui embaixo tem aqui em cima, pode ter alguma coisa <i>tipo assim</i> , quando um ferro <i>tá</i> aqui o outro <i>tá</i> aqui, quando você empurra, ele faz assim, ó, quando você puxa, <i>tá</i> vendo? Você puxa esse lado.
141 18:36	A4: Não, acho que deve estar assim, mais ou menos assim. <i>Tá o bagulhetes</i> aqui assim, aí deve <i>tá</i> assim, aí assim.
142 18:48	A5: É o que ela tá falando.
143 18:50	A2: Então, aí você puxa um lado... ele move para o outro. [...] o gesto é empregado na conexão das partes da frase. Desde que a aluna A4 passou a falar a aluna A2 demonstrou em seu semblante que seria algo semelhante ao que ela havia expresso, mas seu aspecto gentil provavelmente contribuiu para o desenrolar deste ponto na atividade]
144 18:54	A3: Mas o que <i>vai tá dando</i> esse negócio.
145 18:55	A4: Aí tem uma mola. Quando você fosse puxar a mola <i>pra cá</i> , tenderia <i>pra cá</i> .
146 19:05	A3: Não, mas, se você for puxar um lado da mola, só um lado vai esticar, o outro lado vai ficar intacto. Precisa de mais alguma coisa <i>pra</i> hora que puxar empurrar a outra parte e a mola esticar por completo, que aí os dois lados esticavam.
147 19:18	A2: Já sabemos que não é uma engrenagem. Pode fazer isso aqui em vez de fazer esse aí da Tainá.
148 19:28	A5: <i>Tá</i> , mas a mola...
149 19:32	A2: Agora a gente tem que saber <i>pra que</i> que a mola serve.

150 19:35	A5: <i>Tá</i> a mola você puxa de um lado, isso daqui <i>tá</i> indo pro outro lado. Não faz sentido não. Ó, esse vai <i>pra</i> esse lado, mas esse... a mola... isso aqui, quando você puxar a mola, a mola vai <i>pro</i> mesmo lado, mas aqui vai <i>pra</i> este lado aqui.
151 19:56	A2: Já dei o que se move, porque <i>que</i> se move, daqui a pouco <i>tô</i> fazendo sozinha.
152 20:02	A5: Faz muito sentido, mas esse negócio da mola que não <i>tá</i> fazendo sentido.
153 20:06	A3: Pois é, então puxando desse lado obviamente o outro lado vai descer, empurrando o de cima.
154 20:11	A4: Já sei. Tem um computador aqui dentro que fala esse vai <i>pra</i> á e esse <i>pra</i> cá. Pronto.
155 20:18	A3: É o Windows 8.
156 20:21	A5: É Android. É Android.
157 20:24	A4: Põe aí Applet.
158 20:32	A3: Mas o que que vai ser esse negócio, a gente precisa pensar nisso.
159 20:36	A2: <i>Pra</i> que teria um prego aqui? A gente precisa saber isso.
160 20:40 F69 F70	A3: <i>Pra</i> segurar o negócio que vai ficar aí.
161 20:44 F73	A3: <i>Pra</i> dar sustentabilidade.
162 20:49	A2: Ó, tem um prego no meio e tem outro prego em cima.
163 20:51	As: [...]
164 20:56	A2: Tem um prego no meio e outro prego em cima.
165 20:58	A4: <i>Pra</i> que serve isto daqui? Aqui não é um prego.
166 21:02	A5: Não é um prego isso daí, muito macio <i>pra</i> ser um prego.
167 21:04	A2: É macio?
168 21:04	A3: Já sei, já sei, espera, espera, ó, ó, já sei, já sei, espera. Aqui <i>tá</i> a caixa certo? Vamos supor que seja um pauzinho aqui, o prego <i>tá</i> aqui no meio, os araminhos <i>tão</i> preso[s] aqui, se eu puxo aqui esse lado concorda que essa parte vai ficar assim e essa parte também vai ficar assim e empurra o arame assim? Não é nada mais que isso um pedaço de pau, um prego no meio e arame. Eles <i>tão</i> presos aqui, com alguma coisa aqui <i>pra</i> não escapar e presos, pronto. Faz sentido. Pronto.
169 21:42	A5: Faz essa bagaça <i>ai</i> , <i>mano</i> .
170 21:43	A4: Não, <i>péra ai</i> , <i>péra ai</i> . [...] mas eu acho que isso aqui é muito mole <i>pra</i> ser um pauzinho. Põe a mola no lugar do pauzinho.

171 21:59	A2: É a nossa liguinha, porque a mola não estica.
172 22:03	A5: Ó, o pauzinho, Tainá, <i>tá</i> aqui.
173 22:05	A4: Mas <i>tá</i> muito mole pra ser o pauzinho.
174 22:06	A5: O pauzinho ele não pode, o prego não é certeza que <i>tá</i> no meio certinho, o buraco do prego pode ser que seja maior [A3 – só pra ele não escapar.] fazendo que o prego, fazendo que o negócio faça esse movimento.
175 22:26	A4: E isso aqui é o quê?
176 22:27	A2: E também não pode ser a mola porque quando você puxa a mola de um lado a mola fica, a mola não fica aberta?
177 22:26	A4: Não, mas vem cá. E isso aqui é o quê?
178 22:37	A5: Isso aqui é o movimento que pauzinho vai fazer.
179 22:39	A4: <i>Tô</i> perguntando isso aqui.
180 22:41	A5: É o movimento que o pauzinho vai fazer.
181 22:46	A4: Mas isso <i>tá</i> muito mole pra ser um pau. Não é um pau.
182 22:53 F94	A5: Tainá, olha, <i>tá</i> eu sei que é mole, mas tem uma liguinha aqui, uma liguinha aqui, um prego e um pau.
183 23:01	A4: Mas me diz como.
184 23:01	A3: Espera aí, espera aí.
185 23:04	A5: Isso aqui <i>tá</i> preso na liguinha.
186 23:07	A2: Não <i>tá</i> preso na madeira, porque se tivesse preso isso aqui não roda.
187 23:09	A4: Calma, a madeira <i>tá</i> presa?
188 23:11	A2: Não a madeira deve <i>tá</i> amarrada, porque, se ela <i>tiver</i> presa, pregada mesmo ela não vai rodar.
189 23:15	A4: Mas como que isso vai ser uma liguinha sendo que aqui tem uma liguinha. Deixa eu falar. Tem uma liguinha aqui e outra aqui, certo? Como que vai puxar uma liguinha aqui e vai mexer outra liguinha aqui?
190 23:28	A2: Tainá, a liguinha só <i>tá</i> segurando, Tainá. O que se mexe é a madeira.
191 23:32	A4: Não tem madeira nisso aqui.
192 23:38	P: <i>Fala pra mim o que que vocês tão achando aí. Me explica aí.</i>
193 23:41	A2: Ó, professor, a gente acha... <i>fala</i> você.

194 23:41	A5: Ó, professor, a gente acha que isso aqui é uma madeira e isso aqui [...] isso aqui é uma madeira, isso aqui é um prego.
195 23:51 F109	A2: É um prego que tem aqui no meio.
196 23:56	A3: Ali são os arames. Aqui vai ter um elástico.
197 23:56	A2: Aqui vai ter um elástico.
198 23:59	A5: Aqui vai ter um elástico. Quando você puxa, como isso aqui tá preso no elástico vai fazer esse movimento, fazendo isso.
199 24:09	E aí quando você solta?
200 24:10 F115	A5: Ela volta ao normal.
201 24:14	A4: Mas eu ainda acho que isso não é uma madeira.
202 24:15	A3: Mas já é uma boa ideia.
203 24:16	A4: Porque é muito mole <i>pra</i> ser um pau professor.
204 24:17	A2: Tainá, a madeira...
205 24:18	A3: Ela cismou com este pau.
206 24:19	A2: Tainá, a madeira não faz esse tipo de coisa.
207 24:23	P: Até eu estou ficando doido porque cada grupo que eu vou...
208 24:24	A2: Você sabe, professor?
209 24:26	Gestual
210 24:27	A2: Você também não sabe?
211 24:27	A2: A gente vai quebrar no to..tabua.
212 24:28	P: Quem foi que fez isso daqui?
213 24:29	P: Foi o Léo que trouxe pra mim.
214 24:32	A4: Eu vou quebrar na cabeça dele.
215 24:32	A5: <i>Pro...</i> , a gente pode quebrar depois?
216 24:35 F123	P: O importante é assim, é que cada grupo depois vier aqui na frente; cada um vai ter que vender seu peixe, vamos dizer assim.

217 24:44	A4: Mas depois a gente pode desmanchar ou não?
218 22:45	P: Não, não pode porque depois eu vou usar com a outra sala.
219 22:49	A2: Mas depois ele [Léo] vai falar o que tem dentro? Depois.
220 22:51	P: Não. Depois eu vou dar um jeito de justificar pra vocês.
221 24:55	A5: Ah, tem que dar professor, porque ó...
222 24:57	P: Se vocês quiserem depois desenhar à caneta pra reforçar porque depois a gente vai escanear.
223 25:02	A2: E tenho canetinha se você quiser.
224 25:05	A5: Não, vamos fazer de caneta vermelha, preta e azul.
225 25:13	A2: Então, a mola a gente já descartou, porque a mola, quando estica um lado da mola, ela fica estica e ela não volta mais, tem que apertar muito <i>pra</i> ela voltar. E como são movimentos fracos.
226 25:23	A5: <i>Mano</i> , vai ser <i>da hora</i> apresentar.
227 25:26	A2: E olha, Jana, já saber também porque que ela não roda, porque ela <i>tá</i> presa na madeira.
228 25:33	A5: Zica, mano, isso daqui devia valer dinheiro que eu <i>tô</i> precisando.
229 25:37	A3: Só você, <i>né?</i>
230 25:40	As: Conversas.
231 26:01	A5: Faz setas, tipo prego, liguinha...
232 26:04	A2: E onde a gente vai colocar o elástico aqui?
233 26:05	A5: O elástico vai <i>tá</i> preso aqui, segurando isso daqui.
234 26:09	A2: Não esquece de desenhar o elástico.
235 26:11	A5: O elástico vai aqui e volta.
236 26:19	A3: Escrevo madeira ou pedaço de pau?
237 26:20	A2: Madeira.
238 26:21	A5: Madeirinha, madeirinha.
239 26:23	A2: Madeirinha.
240 26:25	A2: Olha, entendemos porque que ela não roda. Por quê?

241 26:31	A5: A liguinha ela prende bem.
242 26:33	A2: É, a liguinha tá presa na madeira e no prego.
243 26:36	A4: Mas se fosse uma liguinha ia ficar mais duro <i>pra</i> puxar.
244 26:39	A2: Tainá é da oposição gente, o que <i>que</i> ela tá fazendo aqui?
245 26:41	A5: Tainá, você vai <i>pro</i> outro grupo.
246 26:45	A3: Gente, espera, espera, se tiver uma liguinha aqui e outra aqui na hora de puxar estica, mas se você soltar ninguém vai puxar de volta, fazendo voltar ao original, vai ficar
247 26:45	A3: Ela tá meio <i>que</i> presa aqui nos cantos, certo?
248 26:56	A2: Não entendi, como assim?
249 26:57	A3: Então, onde que a liguinha vai tá ?
250 26:58	A5: Ó, a liguinha vai tá presa nos arames. [...]
251 27:03	A3: <i>Pra</i> mim só tem uma liguinha.
252 27:07	A4: Uma o quê?
253 27:08	A2: Liguinha. Elástico.
254 27:10	A4: Entendi que era uma galinha.
255 27:11	A3: Uma galinha, exatamente, a galinha que tá rodando os negocinhos aqui. Descobri tudo.
256 27:17	A5: É uma minigalinha. Ela fica pedalando, sabe?
257 27:20	A3: A galinha da Knnor.
258 27:20	A2: Tem um milho pendurado.
259 27:21	A5: Tem um milho pendurado e ela está na esteirinha. Por favor, <i>né</i> ?
260 27:26	A3: Acho que é isso mesmo.
261 27:31	A2: Mas você tá vendo aqui embaixo não tem elástico, você vê que é só em cima.
262 27:34	A3: Vai ver faltou espaço aqui em cima encaixaram aqui do lado.
263 27:42	A4: Vou jogar essa caixa na cabeça daquele cara ali, meu Deus do céu, mas que negócio difícil. <i>Dá</i> onde que ele tirou essa bendita dessa caixa?
264 27:56	A5: Opa, opa. Aqui oh, no meio tem outro prego. Presta atenção. Ó, tem um prego aqui, tem alguma outra coisa aqui. Eu vou trabalhar no CSI.

265 28:02	A4: [...]
266 28:10	A2: Engrenagem, a engrenagem.
267 28:13	A5: Engrenagem. A gente não pode dar dica.
268 28:13	A2: Aquela do relógio.
269 28:15	A2: Do relógio. Quando um puxa pra um lado a outra puxa para o outro. Engrenagem.
270 28:18	A5: Cada um vai para um lado.
271 28:15	A2: Do relógio. Quando um puxa pra um lado a outra puxa para o outro.
272 28:20 F173	A2: Sabe a engrenagem da bicicleta? Então, quando você puxa para um lado a outra também vai. Entendeu?
273 28:34 F177	A2: [...] Vamos ficar só nisso.
274 28:36 F178	A4: <i>tá bom, tá bom.</i> Deixa assim.
275 28:42	A2: A gente deixa isso assim, mas vamos <i>se</i> aprofundar mais, fiquei curiosa. Isso daqui também é um prego. Será que esse prego é <i>pra</i> , esse daqui é <i>pra</i> segurar a madeira?
276 28:56	A4: Você não fica botando dificuldade não, <i>tá</i> ?
277 28:59	A5: Eu acho que o que <i>tá</i> segurando a madeira é esse negócio aqui ó. É o... esse papel aqui, qual o nome desse tem? Fita isolante. É isso que <i>tá</i> segurando a madeira. Porque <i>pra que que</i> enfiaram tanta fita isolante nessa bagaça?
278 29:11	A2: E se for só pra pintar?
279 29:13	A5: Que pintar, <i>mano!</i> Se fosse <i>pra</i> pintar usava tinta guache, <i>tá</i> aí pra isso, <i>né</i> não?
280 29:27	A2: Nós <i>tem</i> que achar o lugar do elástico agora. Primeiro o elástico.
281 29:39	A5: Então temos três lugares com prego, é isso mesmo, só pode, porque tem aqui, tem aqui e tem aqui. Esse prego pega nesse aqui, esse prego pega nesse aqui, esse prego é <i>pra</i> dar sustentabilidade.
282 29:57	A2: Mas esse elástico aqui? Na hora que a madeira vai, o elástico vai fazer o quê? Qual é a função do elástico?
283 30:01	A3: O elástico vai esticar certo? Mas quando você solta o elástico tem que voltar. Como <i>que</i> ele vai voltar? Se você soltar quando você estica o elástico ele volta.
284 30:09	A2: Ah, então aqui o elástico vai pra cá e o daqui também vem pra cá.
285 30:15	A3: Olha descobri uma coisa. Coloca o dedo aí no meio.
286 30:16	A5: Tem um prego. Então, é o que a gente <i>tá</i> falando quando isso aqui se move o [...] porque isso aqui, ó, [...] isso aqui vai se mover. <i>Mano</i> do céu, eu sou muito <i>zica</i> , eu sou muito <i>zica</i> .

287 30:36	A2: Nós somos <i>zica</i> . As árvores somos <i>nozes</i> .
288 30:42	A2: Então, a gente já descobrimos do elástico do prego, pronto.
289 30:45 F195	A4: Isso aqui tem um prego.
290 30:46	A3: Fala baixo... agora a gente vai tentar descobrir outra coisa.
291 30:46	A5: Psiuuu. Olha ali ó.
292 30:50	As: Conversas.
293 30:58	As: A Camila não fica olhando com essa cara não, Camila.
294 31:00	As: Oh. Estou de olho em você. (Todos riem) <i>Big brother</i> , minha filha. <i>Big brother</i> . Você vai <i>tá</i> eliminada, <i>tá</i> . Olha, eu vou eliminar a Camila, porque eu não tenho afinidade com ela.
295 31:13 F197 F198	A3: Tem que falar <i>pra</i> a câmera, fale <i>pra</i> a câmera. Então é isso aí, pessoal...
296 31:20	A4: Porque ela é uma copiadora.
297 31:25	A2: Uma copiadora desempregada. <i>Tá</i> claro isso.
298 31:28 F203	A2: Você vai fazer outro, Igor? <i>Tá</i> bom aquele lá.
299 31:31	A3: Não <i>tá</i> não.
300 31:32 F199	A2: Não <i>tá</i> bom aquele desenho? <i>Tá</i> bom, Igor. <i>Tá</i> bom.
301 21:40 F200	A5: Agora tem que pintar.
302 31:41 F201	A2: Quem vai ter o dom artístico?
303 31:44 F204	A4: Que pintar. Deixa isso assim.
304 31:45	A3: Acho melhor fazer outro.
305 31:46	A2: Que outro, Igor.
306 31:47	A4: Acho melhor deixar assim.

307 31:48	A2: <i>Tá</i> bom.
308 31:48	A3: <i>Tá</i> bom, vai.
309 31:50	A4: Anota aí. Obra de arte.
310 31:54	A2: Pinta aqui em cima...
311 32:00	A3: No de sociologia eu nem ligo.
312 32:03	A4: Pois bem, o de baixo está aqui e você vai puxar.
313 32:08	A5: <i>Mano</i> , o pior é que a gente vai ouvir o das outras pessoas e vão fazer sentido.
314 32:11	A2: Vai fazer sentido, mas aí a gente vai mostrar o nosso. Ele falou a gente vai ter que vender nosso peixe.
315 32:19	A5: A gente vai ser o último, <i>pra</i> fechar com chave de ouro.
316 32:22	A2: Não, porque se a gente não for o último, vai dar tempo deles colocarem isso no deles.
317 32:26	A4: Professor.
318 32:27	P: Ahn. Vocês vão ganhar um carimbinho da Monica aí depois.
319 32:29	A2: Na testa.
320 32:30	A2: Ah, Professor ...
321 32:30	A2: Na testa não. Tem que ser no pulso.
322 32:33	A2: As ideias estão fluindo, professor.
323 32:33	P: As ideias estão o quê?
324 32:37	A2: <i>Tão</i> fluindo. Nossa professor! Você não tem noção.
325 32:41	A5: É surpresa.
326 32:44	A2: Ó, <i>nois</i> é o último grupo, <i>tá</i> ?
327 32:44	A2: <i>Tá</i> . Vou começar daqui.
328 32:50	A2: Não, professor, a gente é o último grupo.
329 33:02	A2: Mas nós somos os últimos, professor. Nos recusamos a apresentar enquanto todo mundo não apresentar. Porque se não vai dar tempo deles colar a ideia nossa <i>no</i> deles.
330 33:06	As: Conversa. [Brincam um pouco com a câmera].

331 33:51	P: Pessoal, mais cinco minutinhos dá <i>pra</i> terminar aí?
332 33:54	As: Conversa. [Brincam um pouco com a câmera].
333 34:03	A2: <i>Mano</i> , esse trabalho é genial, por isso que adoro o Wellington. <i>Tá</i> vendo gente.
334 34:07	A5: Devia ter isso nas outras aulas, <i>né</i> . Faz a gente raciocinar demais.
335 34:20	As: Conversa. [Sobre outras aulas e sobre comidas]
336 37:03	A2: O elástico, o elástico tinha que ser amarelo, sabe? Tinha que ser amarelo, sabe?
337 37:10	A4: Amarelo
338 37:20	A2: É amarelo só por fora.
339 37:18	A2: Não tem três pregos, Igor.
340 37:22	A3: Tem sim, ó. Tem um no meio, esse aqui de cima...
341 37:25	A5: Ó, um aqui, um aqui,
342 37:28	A5: Não tem outro embaixo.
343 37:29	A5: E outro aqui embaixo.
344 37:30	A2: O de baixo sim, mas ali em cima não tem um prego; em cima é muito mole.
345 37:33	A3: Não, mas tem um prego junto.
346 37:36	A2: Ahn, é isso que segura a liguinha.
347 37:40	A3: É isso.
348 37:40	A3: Não, cabeçuda, <i>tô</i> desenhando aqui.
349 37:41	As: É <i>mano ooo</i> .
350 37:43	A3: É, vamos continuar aqui. Só você que [...] e a Tainá também.
351 37:50	A5: E esse negócio aqui? Deveria ser cinza.
352 37:53	A2: Deveria ser cinza.
353 37:58	A5: E isso aqui?
354 37:59	A3: É o elástico.

355 38:01 F225	A4: E isso aqui?
356 38:02	A5: O elástico é isso aqui. Não é?
357 38:05	A4: E isso aqui?
358 38:06	A2: É o elástico, Tainá. <i>Deixa</i> assim, é o elástico
359 38:07	A4: O elástico está todo enrolado, é?
360 38:09	A3: Então <i>péra, então péra.</i>
361 38:10	A5: <i>Tá</i> ai Igor, <i>pinta</i> ai..
362 38:12	As: [...].
363 38:23	A5: Eu vou apresentar.
364 38:25	As: [...].
365 38:35	A2: Esse elástico não ficou legal, Igor. Volta ao que era. Não. O outro estava melhor.
366 38:43	A5: Ficou lindo.
367 38:46	A2: O Igor estava melhor daquele jeito.
368 38:48	A4: <i>Deixa</i> ele desenhar.
369 38:49	A2: O desenho não é só seu, <i>tá</i> Igor?
370 38:53	A3: Ficou melhor assim, <i>mano.</i>
371 38:54	As: Não fica, está parecendo dois prego[s] e esticado[s] aí.
372 38:57	A5: <i>Pera.</i>
373 38:58	A4: Vai ficar ... eu acho.
374 38:58	A2: Vai ficar melhor do mesmo jeito que <i>tava</i> , com as ondulações e tudo, porque eu acho que é tudo torto. A Evelin vai lá na frente sozinha apresentar, ou o grupo tem que ir?
375 39:16	A5: Tem que ir.
376 39:17	As: Vamos apresentar, nós somos lindos. Eu sou bonito.
377 39:20	A5: Esse aqui eu tenho coragem de apresentar. Porque eu entendi a matéria.

378 39:24	A2: Porque nós entendemos a matéria. Nós funcionamos. Wellington não vai embora, Wellington. Manda a Margareth embora. Aí ó. O Wellington no lugar da professora de Português, da Mariluci. Vamos ter aula de física [ao] invés de aula de português.
379 39:41	A5: Quatro aula de física. Vai ser <i>da hora</i> .
380 39:44	A2: Quatro por quatro, vinte e quatro por quarenta e oito.
381 39:47	As: Vinte e quatro por quarenta e oito?
382 39:55	A3: Posso colocar esses detalhes em preto? Ou <i>de</i> azul?
383 39:59	P: Pessoal pode anotar ai que vocês são o grupo seis.
384 40:01	A2: Nós somos os últimos, hein?
385 40:12	A2: Seis. Pintou o ferrinho de azul?
386 40:14	A5: Não o [...] vai ser azul.
387 40:22	A2: Você que um rosa pra fazer o pé do ferrinho? Eu tenho um azulzinho claro pra ser o metal. Maria o azulzinho claro <i>pra</i> ser o metal
388 40:33	A4: <i>Meu</i> , ainda acho que [...].
389 40:35	A2: Tainá você é da oposição, Tainá. Vou <i>te</i> jogar naquele lixo, Tainá!
390 40:43	A5: Comigo é na bala.
391 40:45	A3: A gente comeu ovo com farinha e ela não colabora comigo. E a <i>respon</i> sa?
392 40:50	A2: Não tem gente que coloca <i>salchicha</i> no meio do ovo com farinha?.
393 40:57	A5: Para Ivanir. Para de ficar falando que é pobre.
394 41:01	A2: Adoro ser pobre, gente. Nasci pobre e quero morrer pobre.
395 41:05	A4: Eu também gosto de ser pobre, mas tem que ter umas condiçõezinhas, <i>né?</i>
396 41:08 F247	A5: Tem hora que cansa.
397 41:10	A2: Não, a gente tem que ser pobre, mas com...
398 41:11	A5: Tem que ser pobre um dia sim, um dia não.
399 41:12	A2: Tem que não passar necessidades.

400 41:12	A3: Tem que ser um pobre rico.
401 41:14	A5: Você vai ser eliminada, guria.
402 41:17	A2: Vai ser eliminada no primeiro dia. <i>O primeiro dia vai ser eliminada.</i>
403 41:21	A5: Leva e traz. Muito leva e traz.
404 41:25	A2: Ele olha, <i>pá e pum</i> . Tem memória fotográfica, gente?
405 41:25	A2: Conversas descontraídas com o grupo ao lado.
406 41:53	A2: O elástico? Pode deixar em preto.
407 41:54	A3: Não.
408 41:55	A2: Assim em lápis. Pode deixar o elástico em lápis.
409 42:06	A5: <i>Tá</i> ficando bonito.
410 42:08	A2: Ô, passa um lápis bem forte, um lápis de cor preta em volta. Significa que a caixa é preta.
411 42:13	A5: Mentira.
412 42:16 F257	A4: Não, passa a caneta preta, é melhor.
413 42:17	As: Conversa. O professor pergunta se podem começar as apresentações e vários se manifestam ao mesmo tempo.
414 42:39	A4: Eu quero saber quem foi que fez isso daqui?
415 42:57	A2: Alguém da USP.
416 42:43	A2: O demônio.
417 42:46	A2: Quem foi que fez isso daqui, professor, você não sabe?
418 42:57	A2: Alguém da USP.
419 42:50	P: Ah, agora eu não sei, mas eu já vi assim muitas versões dessa caixa e cada uma funciona de um jeito.
420 42:56	A2: Será que cada uma é diferente?
421 43:04	A4: Mistério. Magia.
422 43:04	A4: A gente vai ficar sabendo quando o que tem aqui?
423 43:06	A5: Quando <i>nois</i> tacar um martelo nessa merda aí.

424 43:13	A2: O professor, a gente quebra, monta e desmonta... desmonta e monta de novo, professor, pensa bem!
425 43:18	P: Em professor, quando a gente vai saber o que tem lá dentro?
426 43:21	P: Depois eu me comprometo de mostrar pra vocês.
427 43:27	A4: Se o Senhor não mostrar pra gente, eu vou lá na USP ter um particular com quem fez isso daqui. E o bicho vai pegar.
428 43:40	As: Conversa.
429 45:13	A5: Vamos fazer uma lista: Tem dois pregos, três pregos, duas liguinhas.
430 45:18	A3: São três pregos.
431 45:19	A5: Três pregos.
432 45:23	A3: Duas ligas.
433 45:23	A5: Duas liguinhas.
434 45:24	A2: Duas liguinhas.
435 45:25	A5: Duas liguinhas. Pode juntar entendeu? Os dois pregos com as duas liguinhas.
436 45:30	A2: Dois metal. Isso aqui é clipes.
437 45:32	A5: Não é clipes não. <i>Tá</i> muito grosso para ser clipes.
438 45:38	A2: É sim, Maria.
439 45:40	A3: É clipes de papel. <i>Tá</i> parecendo.
440 45:43	A2: Só que eles entortaram o clipes.
441 45:45	As: Conversa.
442 46:25	P: Pessoal, vamos começar então as apresentações. Pessoal, atenção aqui, ó, a gente vai seguir a seguinte ordem, pessoal, atenção aqui pra seguinte ordem. Pessoal, eu vou pedir... Pessoal eu vou pedir <i>pra</i> cada que eu já dei um número virá aqui na frente. Aí tem duas alternativas, ou mostra [a] folha com o desenho e aí vai explicando em cima da folha, <i>né?</i> Ou se você quiser você tem toda a liberdade se quiser desenhar na lousa, beleza? Pessoal, só vou pedir assim, <i>pra</i> que cada grupo preste atenção na explicação do outro <i>pra</i> poder comparar com aquele que você fez e aí a gente vai discutindo, beleza? Pessoal, grupo das meninas, vamos lá, por favor. [...] vamos lá pessoa, vamos ouvir a explicação das meninas.
443 47:50	A6: Concluímos que aqui dentro há um prego ou um parafuso que solta dois arames, que cada arame <i>tá</i> ligado no prego. Se você perceber um dos lados, tem um fundinho que eu acho que seja a cabeça do parafuso e, se você perceber, se você colocar o dedo em cima, você vai sentir o negócio girando. A gente concluiu isso.
444 48:13	P: Mostra o desenho de vocês.

445 48:15	As: Conversa.
446 48:30	P: Pessoal, vocês entenderam a explicação do prego deles? [...] pessoal, vamos ver outro grupo.
447 48:50	As: Conversas.
448 49:10	P: De maneira geral vocês acham que é um prego ou um parafuso
449 49:20	A6: Conforme você vai puxando um aí, o prego vai girando.
450 49:25	P: Pessoal, é uma hipótese do grupo, ninguém abriu a caixa. Pessoal, é algo aceitável?
451 49:36	A2: É aceitável.
452 49:38	P: É aceitável, é uma hipótese. Pessoal, beleza. Pessoal, grupo dois. Pessoal, se quiser desenhar na lousa. Pessoal, vamos ouvir aqui.
453 50:03	A7: <i>Tá</i> de frente e <i>tá</i> de lado. O primeiro desenho. Tem dois desenhos.
454 50:26	A8: Aqui, ó, e o outro seria visão lateral, aqui ó. Certo? Nossa hipótese é são dois cliques, aqui PE a sustentação do eixo
455 50:40	A7: <i>Pra</i> não deixar solto.
456 50:43	A8: Onde eles falaram que era um prego nós supomos que era um eixo.
457 50:49	A7: A gente colocou como se fosse um carretel.
458 50:51	P: Pessoal, deixa mostrando assim.
459 50:54	A8: Um carretel [...] enfim, um eixo. O que <i>tá</i> prendendo os dois cliques poderia ser um fio de nylon, uma linha ou algo do tipo, envolve o eixo; quando eu puxo o clipe ele roda sentido horário, traz esse <i>pra</i> fora, quando eu empurro ele roda sentido anti-horário e traz o outro clipe <i>pra</i> dentro.
460 51:12 A7	Por que <i>que</i> a gente acha que é linha de nylon? Porque se for...
461 51:17 A8	Linha normal de pipa ou de [...] ela embola
462 51:18	A7: Ela embola e se for [...] quando você puxar...
463 51:20	A8: Ela esticaria e voltaria de novo, aí nossa hipótese é uma linha de nylon, como é Dani?
464 51:26	A7: [...] então com certeza é alguma coisa rodando e isso daqui [...] o eixo, <i>pra</i> não focar solto e também <i>pra</i> não fazer barulho na caixinha.
465 51:44	P: Pessoal, e aí o que vocês acham da ideia deles?
466 51:46	A5: É aceitável.
467 51:49	As: Conversas.

468 52:00	P: O que ela falou aqui é bacana; como a gente não sabe o que a gente tem que fazer aqui é ter um olhar criterioso e olhar se aquilo que eles <i>tão</i> falando faz sentido, faz sentido o que eles disseram para nós?
469 52:14	As: Faz.
470 52:15	P: Faz sentido faz, então beleza.
471 52:17	A3: Eu ainda voto por quebrar essa caixa e ver o que tem dentro.
472 52:22	As: Conversa.

## ANEXO B – Fotoelétricos

TURNO TEMPO	
	FILME 00007 DIA 11/09
1 0:00	P: Pessoal, qual vai ser o nosso próximo passo? Pessoal, nosso próximo passo é o seguinte ó. A gente vai estudar agora, pensando nesta parte de modelos; tudo que a gente vai fazer agora, a gente tem que centrar um pouco, tem que focar nossa atenção nessa parte de modelos.
2 0:18	P: E aí a gente vai estudar agora, um fenômeno que despertou demais a atenção dos físicos no século XIX. No século XIX comezinho do século XX.
3 0:26	P: E foi um fenômeno que aparentemente parecia ser simples. Só que ele tinha uma série de problemas. E esse fenômeno era exatamente esse aqui.
4 0:39	P: Pessoal, o fenômeno era exatamente esse daqui. É um fenômeno chamado efeito fotoelétrico.
5 0:48	P: Alguém sabe o que é esse fenômeno, alguém já estudou? Já ouviu falar desse efeito fotoelétrico?
6 0:58	P: Talvez esse fenômeno seja uma coisa muito específica. Mas o curioso, pessoal, é que talvez vocês nunca tenham ouvido falar, mas se eu perguntar... Se eu dissesse para vocês, hoje a gente tem um monte de aplicações que se baseiam nesse efeito.
7 1:14	P: Vou dar um exemplo bem simples. O sensor da porta, de muitas portas de elevador. O princípio de funcionamento deles, que você chega lá, aperta um botão, a porta abre. Enquanto você fica lá, na entrada, a porta não fecha, não é isso? Tem umas portas que são meio assassinas e podem até fechar. Mas geralmente se você ficar na entrada, ali, a porta não fecha.
8 1:34	P: Pessoal, aquele dispositivo que tem ali, que não permite a porta fechar, aqueles sensores que têm ali na entrada da porta, se baseiam no efeito fotoelétrico.
9 1:44	P: Pessoal, o que é o efeito fotoelétrico em poucas palavras?
10 1:51	P: Pessoal, o efeito fotoelétrico é alguma coisa... a ideia é mais ou menos o seguinte. Se você pegar uma superfície metálica, você imagina um metal, uma superfície metálica, poderia ser alumínio, alguma coisa assim. O importante é que isso daqui tem que ser uma superfície metálica.
11 2:07	P: O que os físicos perceberam, no finalzinho do século, XIX, no início do século XX. Pessoal, eles perceberam o seguinte, um fenômeno curioso.
12 2:15	P: Toda vez que você jogava luz aqui, em cima dessa superfície metálica, dependendo da luz que você jogava, você conseguia produzir esse efeito aqui. Ó.
13 2:26	P: Você jogava luz na superfície metálica e você fazia isso daqui acontecer.
14 2:37	P: Pessoal, esse é... é para representar elétrons. Pessoal, o que todo metal tem em grande quantidade? Elétrons. O que mais os metais têm em grande quantidade são os elétrons.
15 2:47	P: O que é o efeito fotoelétrico? É a capacidade que você tem de jogar luz em uma superfície metálica e você ejetar elétrons. Então, toda vez que você jogar luz aqui, essa luz produz esse efeito. O efeito é expulsar elétrons aqui do metal.
16 2:55	P: Só que tem um detalhe. Isso aí é o que os físicos percebiam. Vamos dizer assim, era equivalente a isso daqui. A gente dá uma caixinha na mão você puxava isso daqui ia pra lá. Aqui é o que os físicos percebiam. Quando eles olhavam isso aqui, o efeito era esse. Você joga a luz, <i>ejetava</i> elétrons.
17 3:25	P: Agora a pergunta é: Por que isso acontecia? Era isso que eles tentavam responder. E aí, pessoal, para responder isso veio uma série de problemas: O que eu queria que nós fizéssemos hoje pessoal, que nós aproveitássemos é o seguinte.

18 3:44	<p>P: Então, oh, o que <i>que</i> é o efeito fotoelétrico? É essa capacidade que a luz tem de ejetar elétrons, quando a luz bate em superfícies metálicas. Qual que vai ser a nossa tarefa, pessoal? A tarefa é o seguinte: <i>pra</i> gente estudar o efeito fotoelétrico, precisamos de um simulador.</p>
19 3:57	<p>P: Então, ó, aqui a gente tem um simulador. Esse simulador pessoal é daquele <i>site</i>, eu acho que até já comentei com vocês. É da universidade do Colorado, o PhEt. Então é um simulador totalmente livre na internet, Se você digitar lá no Google PhEt, do jeitinho que está aqui na sigla, você acessa ele <i>online</i>, e é só procurar esse simulador. O simulador do efeito fotoelétrico.</p>
20 4:23	<p>P: Aqui, qual é a ideia, do simulador? A ideia do simulador basicamente é a seguinte: Aqui eu tenho a superfície metálica. Essa superfície metálica, ela é feita de um determinado metal. E eu posso escolher o metal que eu uso. Então, por exemplo, quando eu rodo o programa, esse metal que tem aqui, ele já vem ajustado automaticamente pra ser, sódio. Mas eu posso colocar alumínio, eu posso colocar outro, o metal que eu quiser. Dentre os que aparecem ali, tá? Mas, no começo ele está ajustado pro sódio.</p>
21 4:49	<p>P: E aí, qual é a música? Qual é a ideia? É o seguinte eu tenho uma lanterna ali, qual vai ser a finalidade da lanterna? Jogar luz, em cima da superfície metálica. A pergunta é: Será que toda luz, que eu jogar ali em cima, ela consegue arrancar elétrons ali? Ejetar elétrons?</p>
22 5:14	<p>P: Será que sempre que eu jogo luz aqui, em cima desse metal, será que qualquer luz? Vou até melhorar minha pergunta.</p>
23 5:25	<p>P: Será que qualquer cor de luz arranca elétrons, ali, daquele metal?</p>
24 5:31	<p>P: Então o que eu queria que a gente tentasse estudar é um pouco isso.</p>
25 5:35	<p>P: Então, ó, quando você roda o programa, pessoal, dá <i>pra</i> ajustar alguns parâmetros no simulador. Então, por exemplo, você consegue ajustar a intensidade da luz. Você consegue deixar a luz mais intensa, ou menos intensa. Você pode deixar a luz mais forte ou mais fraca. Isso é intensidade. A gente vai manter aquele ajuste da intensidade, lá em cima, cinquenta por cento. Vamos deixar cinquenta por cento inicialmente.</p>
26 6:05	<p>P: Então, ó. Qual é o metal que está ajustado, aqui inicialmente? A gente vai deixar ajustado no sódio. E aí o que a gente vai tentar responder é isso daqui. A gente percebe que você pode mudar ali em cima a cor da luz que você está jogando aqui nessa superfície metálica.</p>
27 6:30	<p>P: Pessoal, lembrem das aulas de teoria que a gente assistiu, O que significa mudar a cor da luz? Mudar a cor da luz é mudar a sua frequência. Se você mudar a frequência, você está mudando o comprimento da onda. Você pode deixar a onda maior, ou você pode deixar a onda menor. Então toda vez que você mudar a cor da luz, eu estou mexendo na frequência. Mexendo na frequência, eu estou mexendo no comprimento da onda.</p>
28 6:53	<p>P: Então, a pergunta nossa é o seguinte pessoal: o que ocorre, quando você modifica ali o comprimento de onda? Ou seja, quando você muda a cor, será que qualquer cor de luz, que arranca elétrons daqui?</p>
29 7:04	<p>P: Você acha que isso acontece <i>pra</i> qualquer cor de luz? Pessoal, é isso que a gente vai tentar estudar aqui. Só que tem um detalhe. A gente tem que fazer isso no laboratório de informática. Só tenho que ver se o rapaz, já chegou, pra nós podermos ir lá.</p>
30 7:21	<p>P: Aí, a ideia é que a gente trabalhe, dependendo da quantidade de computadores que tiver lá, dá <i>pra</i> gente trabalhar em dupla, ou máximo trio. Aí, o que vocês vão ter que fazer é exatamente isso: mantenha ali a intensidade da luz ajustado em cinquenta por cento; deixa ajustado para o sódio; aí, a tarefa de vocês é vocês brincarem um pouco aí, de ficar mudando a cor da luz.</p>
31	<p>P: Pessoal, só <i>pra</i> você ver, só <i>pra</i> gente se basear melhor,</p>

7:44	Só <i>pra</i> gente poder olhar melhor: Aqui ó, são as cores possíveis que você pode ajustar. Então, desse lado aqui ó, você tem o infravermelho. Abaixo do vermelho, você tem o infravermelho. Ai você pode ir para o vermelho, laranja, o amarelo, verde, azul, anil, nesse lado aqui você já está no violeta. E <i>pra</i> cá você já passou <i>pro</i> ultravioleta. E o ultravioleta, você também não enxerga. <i>Tá</i> bom? Ó.
32 8:23	P: Então, ó: infravermelho, aqui é a parte do espectro que a gente enxerga. A gente só enxerga essa faixa, e, acima do violeta, você tem o ultravioleta.
33 8:32	P: Então, o que vocês vão ter que fazer? Ficar mudando isso daqui, pra vocês tentarem enxergar, olharem aqui, quando sai elétrons. Então, a pergunta é: Será que qualquer cor de luz faz os elétrons saírem? É isso que vocês têm que tentar responder.
34 8:53	P: Pessoal o <i>software</i> , ele é bem pequenininho. Só vou ver lá se o rapaz chegou lá, <i>pra</i> gente ir <i>pra</i> sala de informática. Quer ver ó. O jeito dele é esse daqui, ó.
35 9:11	P: É esse daqui o. Óh, o <i>software</i> , oh. É bem tranquilinho, pessoal, oh. Lá em cima você ajusta a intensidade da luz. A gente vai deixar isso <i>daqui</i> em cinquenta por cento, oh. Vamos colocar aqui. Ó vou deixar lá do jeito que está no ajuste. Então, você vê que quando eu coloquei ali, ó. Aqui é a luz que está saindo da lanterna e está batendo na superfície metálica. Ali já está ajustado para o sódio.
36 9:45	P: A nossa tarefa é ficar mudando isso daqui, ó. Ficar mudando aqui, a cor da luz para você ver quando elétrons saem. Beleza? Pessoal, deu mais ou menos para ver como é essa atividade? Então, eu vou ver se lá está aberto, e a gente vai <i>pra</i> lá. <i>Tá</i> legal?
37 10:14	P: Pessoal, o Rodrigo foi perguntar se ele chega às oito horas. Ele deve estar chegando aí.
38 12:00	P: Pega assim, ó. Quando a luz tem cor... sei lá, verde, comprimento de onda tal, é, ejetou elétrons, <i>tá</i> ? Então a única coisa que eu quero que você diga é <i>pra</i> qual cor você tá conseguindo ejetar elétrons, <i>tá</i> legal? Quem é... hã... a gente tinha dividido em grupo, um, dois, três, não tinha? Quem era grupo um, vocês inda lembram?
39 12:20	A1: Professor, <i>tá</i> faltando a Marcela.
40 12:22	P: A gente encaixa em algum grupo.
41 12:23	A1: Mas ela não veio hoje.
42 12:24	P: Beleza. Pessoal, <i>traz</i> a cadeira [de] vocês.
43 12:28	A: Cuidado com a cabeça.
44 13:00	P: É, fica aqui pertinho.
45 13:02	A: Pertinho. Prof. Está totalmente em português. A1: Vem gente.
46 13:16	P: É mais fácil pegar essa cadeira aqui.
47 13:18	As: (conversa)
48 13:22	A2: Mas isso <i>tá</i> certo, <i>tá</i> cinquenta.
49 13:26	A3: [...]
50	A2: Não, mas a intensidade tem que ser cinquenta.

13:28	
51 13:31	A3: Pode já mudar?
52 13:32	A2: Tem que ser cinquenta, <i>né</i> , professor, a intensidade?
53 13:42	P: Ó, então aqui, ó, basicamente a ideia aqui é a seguinte, ó. Ó, aqui já tá ajustado em cinquenta por cento. Então conforme você vai mudando aqui a frequência, aqui é infravermelho, desse lado aqui é ultravioleta, e aqui é a faixa que a gente enxerga, <i>né</i> , que vai lá do vermelho até o violeta. Vai mudando de pouquinho em pouquinho aqui <i>pra</i> você ir vendo quando a luz que bate aqui consegue arrancar elétron.
54 13:42	P: Aí, o que <i>que</i> vocês vão anotar na folha? Vocês vão anotar, na folha vocês vão anotar assim, ó, é... <i>pra</i> cor tal, vão por assim, cor tal, anota qual é o comprimento de onda, o comprimento de onda é isso aqui ó, <i>tá</i> , ó, oitocentos e trinta e seis. Esse enezinho é de nanômetro, dez a menos nove. Então, anota, qual é a cor e qual é o comprimento de onda, e o que <i>que</i> aconteceu. Por exemplo, infravermelho, você já pode anotar, infravermelho, o que <i>que tá</i> acontecendo? Solta elétrons ou não?
55 14:33	A2: Não, mas a cor [...]
56 14:34	A3: [...]
57 14:54	A4: Ó, a luz <i>tá</i> mudando.
58 14:59	A3: É oitocentos e trinta e?
59 15:00	A4: Oitocentos e trinta e seis.
60 15:01	A5: Deixa espaço <i>pra</i> colocar o dos outros.
61 15:07	A4: Infravermelho, oitocentos e trinta e seis.
62 15:09	P: Pessoal, eu já vou distribuindo a folha pra cada grupo, já coloquem aqui na folha o nome, número completo de vocês, <i>tá</i> legal?
63 15:17	A5: Como é que tinha <i>que</i> marcar?
64 15:20	A2: Aí, ó. Ó!
65 15:22	A3: Eu falei, é mais no branco. Quanto mais claro melhor.
66 15:30	A2: <i>Péra</i> aí, empresta essa...
67 15:31	A3: Vê nesse, mais próximo do azul.
68 15:35	A5: [...]
69 15:39	A3: Oitocentos e vinte e cinco?
70 15:40	A2: Oitocentos e trinta e seis.
71 15:49	A4: Não acontece nada, só transmite luz.
72 15:52	A6: [...]
73 15:56	A2: [...] Setecentos e trinta e seis, se não aqui, ó...
74 16:00	A3: Não o... como é que fala?
75 16:04	A2: Infravermelho.
76	A3: Não, eu sei... não o...

16:05	
77 16:07	A4: Nm... esqueci...
78 16:09	A3: [...]
79 16:11	A2: Não emite elétrons, não emite elétrons. Agora coloca assim, setecentos e vinte e cinco, infravermelho, <i>né?</i>
80 16:20	A5: Não. Infravermelho a gente não vê luz.
81 16:24	A2: Então, mas agora... coloca setecentos e vinte e cinco, vermelho, <i>hum</i> , não emite luz. Isso que eu ia falar, não emite elétrons.
82 16:33	A5: Não emite elétrons.
83 16:35	A3: Não, mas aí já vai infravermelho.
84 16:37	A2: Não, mas agora é vermelho, [...]. Setecentos e vinte e cinco [...]
85 16:56	A3: Calma Jéssica.
86 17:00	A2: Coloca assim, laranja...
87 17:13	A4: [...] se a gente colocasse [...] infravermelho, aí você coloca, apenas transmite luz, mas não [...]
88 17:26	A2: Aí coloca, coloca setecentos e cinquenta e quatro... o valor de cada coisa, entendeu?
89 17:29	A3: Não, <i>péra</i> aí, <i>péra</i> aí. Não é melhor primeiro colocar as cores e depois colocar a quantidade [...] coloca de tanto a tanto o elétron é emitido de tal forma; de forma acelerado, devagar. E que nem aqui, de vermelha até infravermelha a gente tem um valor, entendeu? [...]
90 17:55	A4: É, fica mais fácil.
91 17:56	A5: Professor,
92 18:07	P: Fala, e aí?
93 18:08	A3: Professor, podemos colocar assim, ó, indicando o que acontece entre uma cor e outra? Que nem aqui, ó, o ultravioleta, vamos supor, temos [...] de nano... nano o quê? Nano, nano... o valor [...] isso. Aí, a gente colocar no caso, [...] de um comprimento a outro é, é, transmite...
94 18:33	P: Você pode, uma sugestão que eu daria, assim, <i>pra</i> vocês se organizarem melhor, talvez valha a pena fazer uma tabelinha, assim, ó, cor de luz, uma coluna, cor de luz, na outra para comprimento de onda, e a última qual é o resultado. O resultado é se ejetou elétrons ou não ejetou elétrons.
95 18:52	A2: Mas o comprimento pode ser, <i>tipo</i> [...]
96 18:53	P: Só onde você tá ajustado. Então, se você deixar ajustado aqui, ó, se <i>tá</i> ajustado aqui nesse ponto, então esse é o comprimento de onda. Então, ó, só olhar aqui em cima. Então <i>tá</i> vermelho e o comprimento de onda é esse aqui.
97 19:07	A2: Ela, ela é meio laranja, <i>né?</i> A aqui é laranja.
98 19:10	P: É, onde eu <i>tô</i> aqui, ó. Isso.
99 19:12	A2: É laranja.
100 19:29	A5: É melhor a gente fazer no caderno, aí depois...
101 19:32	A2: [...]
102	A3: Luz, onda e comprimento, <i>né?</i>

19:37	
103 19:40	A5: É o resultado.
104 19:51	A3: [...] na tabela
105 19:55	A5: Mas era tipo assim, ó, [...] aí coloca as cores das luzes aqui [...]
106 20:10	A2: Agora depois do laranja, a gente tem o amarelo.
107 20:16	A3: Depois do amarelo, o verde.
108 20:16	A4: Verde, azul e roxo.
109 20:18	A3: [...]
110 20:25	A4: [...]
111 20:27	A5: É. Vai emitir elétrons ou não.
112 20:29	A2: Vou colocar assim, ó...
113 20:31	A5: [...] amarelo. Não produz elétrons.
114 20:35	A2: Depois a gente passa a limpo.
115 20:40	A3: Então, coloca as cores básicas [...]
116 20:43	A2: Quinhentos e cinquenta e seis.
117 20:45	A3: [...] as cores. [...]
118 20:50	A5: Ó lá, ó. Já transmite.
119 20:54	A2: Não, é, <i>tava</i> em antes [...]. É quinhentos, é?
120 20:59	A3: Essas daí são as sete cores do arco-íris, não é? [...]
121 21:13	A4: Eu tenho.
122 21:16	A3: Aí pega e coloca antes.
123 21:19	A5: Aí já transmite.
124 21:22	A2: Quinhentos e quarenta e três. Quero pegar o ponto inicial. Quinhentos e [...]
125 21:40	A5: Quinhentos e trinta e cinco.
126 21:41	A2: Não, mas quando eu coloquei da primeira vez foi quinhentos e trinta e [...]
127 21:53	A4: Transmite bastante também.
128 21:57	A5: Agora é o azul.
129 22:01	A2: Nossa.
130 22:02	A3: O azul mais claro, <i>né?</i> [...] mais próximo da luz branca, mais elétrons.
131 22:12	A5: Quatrocentos e oitenta e oito.

132 22:17	A4: Tem que ir mancando a corrente?
133 22:19	A2: Não.
134 22:22	A5: Só a... [...]
135 22:30	A3: O azul anil eu acho que é mais forte.
136 22:32	A5: É. Bota.
137 22:38	A2: Novecentos e cinquenta.
138 22:40	A3: Aí você me fala os números. [...]
139 22:55	A4: Quatrocentos e noventa e sete.
140 22:57	A5: Professor, é, luz, <i>pra</i> gente montar a tabelinha, é luz, onda e resultado?
141 23:07	P: Luz, comprimento de onda e resultado. Resultado é se arranca elétron ou se não arranca.
142 23:11	A2: Professor, então, tipo, verde <i>pra</i> cá, [...] o azul, o roxo, ele emite mais elétrons, <i>né</i> ?
143 23:19	P: Como é que é? Não entendeu...
144 23:19	A2: Assim, é o verde <i>pra</i> cá, que a partir do verde...
145 23:21	P: Verde <i>pra</i> cá.
146 23:22	A5: É o que tem mais elétrons.
147 23:24	A2: Porque do amarelo não vai.
148 23:25	A3: É quanto mais próximo da luz branca, <i>né</i> , professor. Que é a mistura de todas as cores, não é?
149 23:28	A5: Mais claro...
150 23:31	A2: Ultravioleta, ó que <i>da hora</i> .
151 23:33	A4: Ultravioleta libera mais.
152 23:36	P: <i>Pra</i> ... então vocês começaram nessa extremidade aqui. <i>Pra</i> essa extremidade aqui, arrancava elétrons? A partir de onde?
153 23:41	A: Não.
154 23:42	A5: Não, a partir do verde.
155 23:44	P: A partir do verde começa a arrancar elétrons? Ó, marca aqui... fala.
156 23:48	A2: É engraçado, olha, ultravioleta, ele libera uns elétrons rápidos e outros bem lentos.
157 23:56	A3: É verdade.
158 23:57	P: O movimento dele tá ligado à velocidade que eles têm, <i>né</i> . Então tem alguns que tão se movendo mais rápido, outros tão se movendo menos rápido...
159 23:05	A2: Pode colocar isso?
160	P: Pode. Se quiser, se isso chamou a sua atenção deixa anotado.

23:06	
161 23:09	A5: Quanto mais próximo da luz branca...
162 23:10	A2: É... tem alguma palavra melhor, assim...
163 23:15	P: Aí eu vou deixar vocês usarem a palavra que...
164 23:40	A2: O ultravioleta libera com maior frequência, com maior frequência?
165 24:23	P: Ou é quantidade, né. Isso tem a ver com a quantidade.
166 24:27	A4: Não, a quantidade é a mesma.
167 24:29	P: Tá indo mais rápido, ou tão saindo mais elétrons.
168 24:33	A2: Grande quantidade, e também os...
169 24:36	A6: [...] mas aí, ó [...]
170 24:43	P: Ó, deixa anotado na folha de vocês que, coloca assim, ó, que o metal que vocês usaram foi sódio, e que a intensidade da luz <i>tava</i> cinquenta por cento. Coloca, metal usado, sódio, e a intensidade da luz, cinquenta por cento.
171 24:57	A2: [...]
172 25:00	A5: Intensidade da luz, cinquenta por cento.
173 25:03	P: [...]
174 25:06	A2: Tem uns com, tem uns com grande velocidade e outros com menor.
175 25:10	P: Baixa velocidade. Pode deixar aqui as cadeiras, tá?
176 25:49	P: Pessoal, então, ó, qual é a ideia. Não precisa aqui ficar usando sódio, tá? Ó desse lado aqui tá o infravermelho, que a gente não enxerga, abaixo do vermelho. Na outra ponta você tem o ultravioleta, que também não enxerga. A gente só enxerga essa parte, tá legal? Então, [o] que <i>que</i> você tem que fazer? Tem que ir aumentando isso aqui pra cá, e aí você vai anotando, vai indo devagarinho e vagarinho, tá? E o que que você tem que ir anotando? Qual é a cor; aqui por enquanto não tem cor que você enxerga, é infravermelho; anota qual é o comprimento de e você vai dizer o que que vocês <i>tão</i> vendo, se liberou elétron ou não, tá legal? Vocês vão indo, então aqui, até lá.
177 26:32	A7: Qual o comprimento de onda que vocês querem?
178 26:37	A8: Esse nm aí [...]
179 27:01	A8: O vermelho, põe aí, <i>péra</i> aí. Faz o vermelho; põe vermelho, comprimento de ondas.
180 27:07	A9: [...]
181 27:08	A8: É.
182 27:09	A10: Oxi, não libero, não?
183 27:18	A9: [...] o número lá que ele falou?
184 27:20	A8: O quê? Não, é <i>pra</i> pôr assim, ó, vermelho, aí você vai pôr vermelho, aí comprimento das ondas, aí se solta, é, elétrons ou não.
185 27:29	A10: [...]
186	A8: Não, vai ter que colocar no vermelho. Põe no vermelho lá.

27:33	
187 27:37	A10: O vermelho não libera.
188 27:29	A8: Então, mas tem que por ali se libera ou não, comprimento de onda. Qual é o comprimento de onda do vermelho?
189 27:48	A7: Mas tem que ver se [...]
190 27:50	A8: É. Ó o nm aí, ó.
191 27:55	A10: Ai, eu não sei não...
192 27:57	A8: Ele falou. Professor, aqueles números que <i>tá</i> com o nm não é comprimento de onda?
193 28:00	P: Isso aqui é o seguinte, aqui o comprimento de ondas não <i>tá</i> em metros, ele <i>tá</i> em nanômetro. Aquele n pequenininho é nanômetro. O nano é dez a menos nove, então um número muito pequeno. Só que eles colocaram desse jeito <i>pra</i> facilitar <i>pra</i> gente anota, <i>tá</i> legal? Então vocês vão colocar a cor, qual a cor que vocês tão vendo, qual é o comprimento, tantos nanômetros, e qual é o resultado.
194 28:41	A8: <i>Tá</i> vendo, ó, vocês não acredita em mim.
195 28:51	A10: Agora vai <i>pro</i> amarelo, ou laranja.
196 28:54	A8: Amarelo [...]
197 29:07	A10: Laranja é seiscentos e dez. Não libera também. Amarelo.
198 29:35	A8: Mas é um verde quase azul, né?
199 29:38	A10: Não, é verde, verde, ó lá. Ué, vai diminuído e vai liberando?
200 29:51	A9: Pelo jeito sim.
201 29:55	A10: Coloca azul claro e depois azul escuro. Aí é o azul escuro.
202 29:01	A7: Azul claro.
203 29:02	A10: Vai mais pra lá um pouquinho. [...]
204 30:09	A7: O azul escuro é esse.
205 30:13	A8: O azul claro puxa pro verde, o azul escuro puxa pro roxo. Põe azul claro...
206 30:20	A10: Ó, <i>tá</i> indo mais rápido. É, ó, quanto menor o comprimento da onda mais eles liberam e mais rápido é. Você viu, ó, tem uns mó devagarzinho [...]
207 30:40	A10: <i>Pra</i> eles não pegarem você.
208 30:46	A9: Esse daí é azul escuro?
209 30:47	A10: É. Violeta ou roxo?
210 31:08	A8: Violeta e roxo é a mesma cor.
211 31:12	P: E aí, gente, o que vocês tão percebendo?
212 31:14	A8: Que a maior onda... quanto menor a onda mais elétrons solta.
213 31:19	P: Como que é?
214	A10: E por que, o professor, e por que uns vão devagar e outros, rápido?

31:19	
215 31:25	P: Por enquanto a gente não... vou deixar em <i>off</i> essa pergunta.
216 31:28	A10: Ah, entendi.
217 31:31	A8: Quanto menor a onda, maior a liberação de energia.
218 31:35	P: Quanto menor a onda...
219 31:37	A8: Maior o número [...]
220 31:39	P: Tem mais elétrons arrancados?
221 31: 41	A10: Tem mais.
222 31:43	P: A partir de onde que vocês viram que arrancava elétron?
223 31:45	A10: Do verde.
224 31:46	P: A partir do verde? Vocês anotaram aí? Ó, você vê que aqui já <i>tá</i> chegando <i>no</i> [...]. Passa lá, mais <i>pro</i> [...]. Ó, tem mais elétrons ou menos elétrons aí? Mais rápido.
225 32:03	A10: Mais, né.
226 32:04	P: Mais elétrons aí.
227 32:07	A10: E, a quantidade de bolinhas paradinhas é poucos agora.
228 32:12	P: Tem muito mais elétrons se movendo com muito mais velocidade, né?
229 32:15	A10: Isso.
230 32:16	P: Ah, legal.
231 32:16	A7: Acho que aí [...]
232 32:25	A8: [...] infravermelho, professor, também?
233 32:27	P: Volta lá no infravermelho <i>pra</i> vocês verem o que acontece.
234 32:29	A8: Aí não solta. Mas põe no papel?
235 32:41	P: A moral da história é a seguinte, que não é qualquer coisa que arranca elétrons, <i>né</i> .
236 32:45	As: Não.
237 32:46	P: Pelo menos pro sódio, a gente <i>tá</i> pensando <i>pro</i> sódio, <i>né</i> .
238 32:48	A10: Ó, a partir do verde...
239 32:52	P: Então, mas era isso que implicava os físicos. Por que <i>que</i> tem, por que <i>que</i> tem cor de luz que arranca elétrons e outras cores que não arranca? Deve ter alguma explicação pra isso.
240 33:05	A8: Você acha que quando vai chegando <i>na</i> , vai chegando <i>no</i> verde assim, a luz fica mais forte, no vermelho [...]
241 33:22	P: Deu pra vocês verem, <i>né</i> ? Pessoal, quem é o grupo três?
242 33:30	A10: Vai ser qual? Vai ser esse [...]
243	A6: Esse já é ultravioleta?

33:31	
244 33:32	P: É, tudo ali já é ultravioleta.
245 33:39	P: Você vê que aqui, ó, esse lado aqui você tá no infravermelho, <i>tá</i> vendo? <i>Que é</i> o que a gente não enxerga. Infravermelho é abaixo do vermelho. Ó, <i>tá</i> no infravermelho.
246 33:49	P: Ó aqui é a parte que a gente enxerga, <i>né</i> , que vai do vermelho, vai do vermelho até o violeta.
247 33:58	P: E acima do violeta você vai ter o ultravioleta.
248 34:01	P: Então, o que vocês têm que fazer? Vocês têm que ir mudando, vocês têm que ir mudando daqui pra cá bem devagarinho, e aí vocês vão vendo quando que arranca elétrons, <i>tá</i> ?
249 34:09	P: É, isso daqui, ó é o comprimento de onda, <i>tá</i> , ó.
250 34:14	P: Então, aqui não <i>tá</i> medido em metro, aqui <i>tá</i> medido em nanômetro. Nano é um valor muito pequeno, dez a menos nove, então ele colocou desse só pra facilitar <i>pra</i> gente anotar, <i>tá</i> bom?
251 34:24	P: Então vocês começam aqui, ó, vai mudando aqui de pouquinho em pouquinho, até vocês perceberem. Aqui, por exemplo, vocês já podem anotar,
252 34:33	P: <i>Pra</i> esse comprimento arranca elétrons ou não?
253 34:35	A13: Não.
254 34:36	P: Então, vocês vão colocar aí: Qual é a cor que vocês têm? Infravermelho.
255 34:41	P: Aqui qual é o comprimento e qual é o resultado, beleza?
256 34:47	A11: Qual o comprimento?
257 34:49	A12: Oitocentos e cinquenta.
258 34:51	A13: Nanômetro.
259 34:52	A12: Não arranca.
260 34:55	A12: Você não sabe mexer no...
261 35:02	A11: Não. É, se [...]
262 35:04	A13: Só não vou te mostrar uma coisa bonitinha porque <i>tá</i> gravando aqui.
263 35:14	A12: [...]
264 35:16	A13: Não <i>tô</i> vendo nada.
265 35:17	A11: É, também não <i>tô</i> . Ah hã é...
266 35:22	A14: Então é tipo azul.
267 35:22	A11: Azul.
268 35:23	A12: Não é melhor ir ...?
269 35:23	A13: Não, mas que primeiro tem que colocar... é...
270 35:24	A14: Tem quer ir vindo.
271	A16: É melhor ir em rosa aqui ó.

35:24	
272 35:27	A12: Tem que colocar aqui... não?
273 35:31	A14: Então volta, volta e vem vindo.
274 35:40	A13: Vai, vermelho.
275 35:42	A12: Não é laranja, isso daí?
276 35:43	A13: Não, agora é vermelho. Setecentos e sessenta e quatro
277 35:51	A11: Sessenta?
278 35:52	A13: É. Nanômetros.
279 35:56	A14: É setecentos e sessenta...
280 36:02	A13: Laranja.
281 36:10	P: É, vai indo devagarinho, devagarinho, que você vai pegando. Pega a vermelho, vai pegando as cores que a gente conhece aí você vai anotando.
282 36:18	A11: Laranja é qual? [...]
283 36:23	A13: Laranja é seiscentos e oitenta e um.
284 36:25	P: Ó, saindo do vermelho você tá chegando aqui um pouquinho no laranja.
285 36:40	A14: Aí já [...]
286 36:41	A12: Você vem e para ...
287 36:41	A13: Amarelo.
288 36:41	A11: Amarelo.
289 36:42	A13: <i>Péra</i> aí. Quinhentos e oitenta e cinco. Verde. Quinhentos e cinquenta e cinco.
290 37:02	A12: [...]
291 37:04	A13: Ah, é. Marca aí. Coloca...
292 37:17	A11: Coloca sim.
293 37:18	A12: [...]
294 37:20	A13: Coloca azul. Coloca azul claro e azul escuro, ou só azul?
295 37:29	A15: <i>Péra</i> aí, <i>péra</i> aí, vai passando.
296 37:31	P: E aí? Ah, já tá saindo elétron, já? A partir de quando começou a sair?
297 37:37	A14: Do verde
298 37:37	A11: Do amarelo
299 37:37	A14: Do verde
300 37:40	P: Do amarelo ou do verde?

301 37:42	As: Do verde.
302 37:45	P: Ó, vai reparando, repara no movimento do, dos elétrons.
303 37:51	A13: Vai aumentando. Estão vindo mais rápido.
304 37:54	P: Ele já tá chegando no azul agora.
305 38:14	A12: Azul mais escuro.
306 38:14	P: Tem vários, várias tonalidades, né. Se você não conseguir perceber, você pode voltar.
307 38:15	P: Violeta.
308 38:16	A13: [...]
309 38:22	P: Ó, que <i>que tá</i> acontecendo de um número pro outro?
310 38:43	A13: Vai caindo.
311 38:45	P: <i>Tá</i> ficando cada vez menor. Então a onda <i>tá</i> ficando cada vez menorzinha.
312 38:50	P: Só que você percebe que cada vez mais, ó, <i>tá</i> ficando acentuado esse resultado, <i>né</i> , olha lá.
313 38:59	P: Ó, já <i>tô</i> indo <i>pra</i> parte do ultravioleta, que a gente não enxerga. Mas repara no que acontece no anterior.
314 39:01	A13: Fica mais rápido.
315 39:02	P: Perfeito.
316 39:03	A13: [...]
317 39:14	P: Coloca lá no máximo do ultravioleta, só <i>pra</i> gente ver.
318 39:21	A13: <i>Da hora</i> .
319 39:22	P: Agora o curioso é o seguinte, por que <i>que...</i> tudo é luz, não <i>é</i> ? Por que <i>que pra</i> algumas cores de luz arranca elétron e pra outras não arranca, se tudo é luz?
320 39:32	P: Essa é uma pergunta que o pessoal de física introduz. Por que <i>que</i> tem cor que arranca e tem cor que não arranca?
321 39:42	P: É uma coisa estranha. Hoje, a gente tem esse recurso, <i>né</i> , agora <i>imagina</i> os físicos no final do século XIX, século XX.
322 39:44	A13: Mas já não tem a resposta?
323 39:46	P: Essa é uma excelente pergunta.
324 39:47	A13: Fala aí, professor.
325 39:48	P: Pessoal, deu mais ou menos <i>pra</i> perceber? Mesmo? Qual foi a parte legal que vocês falaram? Beleza. Eu vou recolher depois, <i>tá</i> ?
326 39:52	A16: Eu vou mexe[r].
327 39:55	P: Não, vocês têm que trabalhar em grupo.
328 39:57	A16: Eu sei.
329 39:58	A17: Vai que é sua, Felipe, vai que é sua.
330	P: Aqui, aqui eu tenho o infravermelho, que a gente não enxerga. Aqui é o comprimento

40:00	do infravermelho, e aqui você aparentemente tá percebendo que não acontece nada, não arranca elétron. Então, a ideia é a seguinte, você vai mudando aqui de pouquinho em pouquinho, Felipe, do infravermelho, aí você vai entrar na faixa que a gente enxerga, vai até o violeta. Então vai de pouquinho em pouquinho que aí vocês têm que anotar aqui, ó, coloca antes o infravermelho.
331 40:29	A16: Vou colocar aqui embaixo.
332 40:30	P: Pode ser. Um vai mexendo e o outro vai anotando.
333 40:42	A16: O infravermelho [...] coloca aí, oitocentos e cinquenta e [...]. <i>Coloca</i> não que a gente já vai saber. Vermelho, comprimento de onda, meia, meia, cinco. Também dá nada. Verde. Ó, vai quinhentos e setenta e oito. Muita pouca coisa. Você bota aí sim, mas muito pouco. Pode aumentar <i>pra</i> ver, professor?
334 41:55	P: [...] deixar sempre cinquenta por cento. Vamos só mexer no comprimento de onda.
335 41:57	A17: Amarelo, amarelo.
336 42:07	A16: Quinhentos e setenta e nove. Nada. Azul.
337 42:20	A17: Esse aí é o anil, não é?
338 42:23	A16: Esse aqui é o azul.
339 42:24	A17: Põe <i>pra</i> trás. [...]
340 42:26	P: O azul é mais claro.
341 30:28	A16: Sim, mais ou menos [...] É... esse aqui é o anil.
342 42:44	P: Esse aí seria o anil, um azul mais escuro. Ó, vocês viram que a partir de onde começou a vir elétrons?
343 42:51	A16: Verde.
344 42:52	P: Do verde? E vai reparando nos elétrons, ó, o que que acontece quando você vai indo, quando o comprimento vai ficando cada vez menor?
345 43:01	A16: Cada vez menor vai, <i>tipo</i> , deixando o, a, os elétrons mais separados.
346 43:05	P: E mais o quê?
347 43:05	A16: Rápidos.
348 43:07	P: Mais rápidos, não é isso?
349 43:12	A17: Vê o alaranjado.
350 43:14	A16: Não, o alaranjado é aqui, ó.
351 43:16	A17: [...]
352 43:18	A16: Aqui o seiscentos e cinquenta. O alaranjado, seiscentos e [...]. O anil você colocou pouco? O anil é muito.
353 43:46	A17: É pouco, só que é mais rápido.
354 43:47	A16: Mas é bastante, bastante elétrons, tem que colocar a quantidade.
355 43:54	P: Ó, já tá entrando na faixa do ultravioleta. Ultravioleta a gente não enxerga, mas dá pra perceber o que acontece, ó. O que que acontece no ultravioleta?
356 44:05	A16: Tá indo bem rápido.

357 44:05	P: <i>Tá</i> indo bem rápido, né.
358 44:11	A16: Pode trocar o metal, professor, <i>pra</i> ver?
359 44:13	P: Troca aí rapidinho.
360 44:15	A16: Platina. Platina... zinco.
361 44:28	P: <i>Pra</i> ultravioleta, parece que qualquer metal que você coloca aqui, ó...
362 44:37	A16: Cobre e zinco...
363 44:38	A17: Cobre é só no ultravioleta.
364 44:44	A16: Só no ultravioleta, parte do ultravioleta não vai, hein.
365 44:47	P: Tem parte do ultravioleta que [...]
366 44:50	A16: Tem que ser com [...] Legal esse experimento.
367 44:52	A17: Põe lá [...]