

Universidade Federal de Minas Gerais

Faculdade de Educação

Monique Aline Ribeiro dos Santos

Compreendendo Visões de Estudantes *sobre* Ciências e suas
Relações com o Ensino Fundamentado em Modelagem em
Contextos Cotidiano, Científico e Sociocientífico

Belo Horizonte

2019

Monique Aline Ribeiro dos Santos

Compreendendo Visões de Estudantes *sobre* Ciências e suas
Relações com o Ensino Fundamentado em Modelagem em
Contextos Cotidiano, Científico e Sociocientífico

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação e Ciências

Orientadora: Profa. Dra. Rosária Justi

Coorientadora: Profa. Dra. Poliana Flávia Maia

Belo Horizonte

2019

S237c T	<p>Santos, Monique Aline Ribeiro dos, 1988- Compreendendo visões de estudantes sobre ciências e suas relações com o ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico [manuscrito] / Monique Aline Ribeiro dos Santos. - Belo Horizonte, 2019. 261 f., enc, il.</p> <p>Dissertação -- (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação. Orientadora: Rosaria da Silva Justi. Coorientadora: Pollana Flávia Maia. Bibliografia: f. 231-240. Apêndices: f. 241-261.</p> <p>1. Educação -- Teses. 2. Química -- Métodos de ensino -- Teses. 3. Química -- Estudo e ensino (Ensino médio) -- Teses. 4. Química -- Estudo e ensino -- Meios auxiliares -- Teses. 5. Ciência -- Filosofia -- Teses. 6. Ciência -- Métodos de ensino -- Teses. 7. Ciência -- Estudo e ensino -- Aspectos sociais -- Teses. 8. Ensino médio -- Teses.</p> <p>I. Título. II. Justi, Rosaria da Silva. III. Maia, Pollana Flávia, 1982-. IV. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.</p> <p style="text-align: right;">CDD- 540.7</p>
------------	--

Catalogação da Fonte* : Biblioteca da FaE/UFMG

Bibliotecário†: Ivanir Fernandes Leandro CRB: MG-002576/O
(Atenção: É proibida a alteração no conteúdo, na forma e na diagramação gráfica da ficha catalográfica‡.)

* Ficha catalográfica elaborada com base nas informações fornecidas pelo autor, sem a presença do trabalho físico completo. A veracidade e correção das informações é de inteira responsabilidade do autor, conforme Art. 299, do Decreto Lei nº 2.848 de 07 de Dezembro de 1940 - "Omitir, em documento público ou particular, declaração que dele devia constar, ou nele inserir ou **fazer inserir declaração falsa** ou diversa da que devia ser escrita..."

† Conforme resolução do Conselho Federal de Biblioteconomia nº 184 de 29 de setembro de 2017, Art. 3º - "É **obrigatório** que conste o número de registro no CRB do bibliotecário abaixo das fichas catalográficas de publicações de quaisquer natureza e trabalhos acadêmicos".

‡ Conforme Art. 297, do Decreto Lei nº 2.848 de 07 de Dezembro de 1940: "Falsificar, no todo ou em parte, documento público, ou **alterar** documento público verdadeiro..."



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

Compreendendo Visões de Estudantes sobre Ciências e suas Relações com o Ensino Fundamentado em Modelagem em Contextos Cotidiano, Científico e Sociocientífico.
Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social, como requisito para obtenção do grau de Mestre.

Aprovada em 13 de fevereiro de 2019, pela banca constituída pelos membros:

Rosaria Justi

Prof.ª Dr.ª Rosaria Justi – UFMG – Orientadora

Poliana Flávia Maia

Prof.ª Dr.ª Poliana Flávia Maia – UFV – Coorientadora

Andreia Guerra de Moraes

Prof.ª Dr.ª Andreia Guerra de Moraes – CEFET/RJ

Roberta Guimarães Corrêa

Prof.ª Dr.ª Roberta Guimarães Corrêa – UFMG

Stefannie de Sá Ibraim

Prof.ª Dr.ª Stefannie de Sá Ibraim – UnB

Dedico esta dissertação a todos aqueles, que assim como eu, acreditam em, e buscam, uma Educação em Ciências mais autêntica.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo milagre da vida.

Aos meus pais, Sebastião e Nilza, por compreenderem que o caminho que eu escolhi trilhar é mais longo e, ainda sim, me apoiarem.

Aos meus irmãos, Milton e Marina, por acreditarem em mim.

Ao meu namorado, André, por ter feito parte de todo o processo de maneira tão intensa, mesmo quando o projeto de pesquisa nem se encontrava no papel. Agradeço-o por ter acreditado em mim, mesmo quando eu mesma deixava de acreditar.

À minha querida orientadora e amiga, Rosária, por ter pego em minha mão quando eu ainda estava aprendendo a engatinhar na pesquisa, e ter me ensinado a andar. Agradeço-a pelo tempo e atenção que tem dedicado à minha formação, assim como por ter aceitado continuar fazendo parte dela nos próximos anos. Enfim, agradeço-a por ter acreditado em mim.

À minha adorável coorientadora, Poliana, por ter feito parte de todo o processo desde a elaboração do projeto, antes mesmo de saber que viria a ser minha coorientadora. Agradeço-a pelas ricas discussões, que foram inúmeras, assim como pelas doces palavras ao longo dessa caminhada.

À escola, à professora, aos estudantes e seus responsáveis por permitirem que essa pesquisa fosse desenvolvida. Em especial, à professora e aos estudantes por terem se engajado tão intensamente na pesquisa.

À minha amiga Marina, por ter feito parte de todo o processo desde a elaboração do projeto, e ao seu namorado, Lucas, por também ter participado, especialmente no processo de coleta de dados.

À minha amiga Bia, por ter tornado essa caminhada ainda mais especial.

Aos meus amigos Leandro e Luiz, e à minha amiga Stefannie, pelas agradáveis companhias e conversas, enfim, pela amizade.

A uma das pessoas mais criativa que já conheci, Laura, por ter contribuído no intenso processo de coleta de dados e na elaboração das unidades didáticas, especialmente na sociocientífica.

Aos integrantes do Grupo de Pesquisa REAGIR – Modelagem e Educação em Ciências, por evidenciarem que nenhum de nós é tão bom quanto todos nós juntos.

À minha grande amiga Iza, pela sua amizade e por se fazer presente mesmo ao soltar minha mão para que eu pudesse trilhar esse caminho “sozinha”. Agradeço-a também por tornar possível a representação do Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências v.2.

À minha querida amiga Sol, por compreender a minha ausência e, ainda sim, vibrar a cada uma de minhas conquistas.

À direção e aos integrantes do Setor de Química do Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais, por terem sido flexíveis em relação ao meu horário, para que fosse possível cursar as disciplinas no primeiro ano do Mestrado, assim como realizar a coleta de dados; e aos meus queridos alunos por terem se engajado em cada uma de minhas inúmeras propostas de atividades diferenciadas, cuja elaboração e desenvolvimento também contribuíram para minha formação como pesquisadora.

À professora Ana Galvão, pelos ensinamentos sobre diversas metodologias de pesquisa que contribuíram tanto para minha pesquisa, quanto para minha formação como pesquisadora.

A todos os professores que contribuíram para que eu acreditasse em, e buscasse, uma Educação em Ciências mais autêntica.

Ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, por favorecer um ambiente propício ao meu crescimento como pesquisadora.

Aos professores Andreia Guerra, Luís Gustavo Barbosa, Roberta Corrêa e Stefannie Ibraim, por gentilmente aceitarem ler esta dissertação e participar da banca examinadora.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo auxílio financeiro que me possibilitou dedicar tempo para o desenvolvimento desta pesquisa.

E a todos aqueles, que de alguma maneira, estiveram presentes ao longo dessa caminhada e sonharam este sonho junto comigo, *muito obrigada!*

Vamos resumir: um coelho branco é tirado de dentro de uma cartola. E porque se trata de um coelho muito grande, este truque leva bilhões de anos para acontecer. Todas as crianças nascem bem na ponta dos finos pelos do coelho. Por isso elas conseguem se encantar com a impossibilidade do número de mágica a que assistem. Mas conforme vão envelhecendo, elas vão se arrastando cada vez mais para o interior da pelagem do coelho. E ficam por lá. Lá embaixo é tão confortável que elas não ousam mais subir até a ponta dos finos pelos, lá em cima. Só os filósofos têm ousadia para se lançar nesta jornada rumo aos limites da linguagem e da existência. Alguns deles não chegam a concluí-la, mas outros se agarram com força aos pelos do coelho e berram para as pessoas que estão lá embaixo, no conforto da pelagem, enchendo a barriga de comida e bebida:

— Senhoras e senhores — gritam eles —, estamos flutuando no espaço!

Mas nenhuma das pessoas lá de baixo se interessa pela gritaria dos filósofos.

— Deus do céu! Que caras mais barulhentos! — elas dizem.

E continuam a conversar: será que você poderia me passar a manteiga?

Qual a cotação das ações hoje? Qual o preço do tomate? Você ouviu dizer que a Lady Di está grávida de novo?

Jostein Gaarder – O Mundo de Sofia

E você, qual personagem é? Onde está? O que está fazendo?

RESUMO

Nas últimas duas décadas, foram publicadas algumas pesquisas na área de Educação em Ciências que enfatizaram a importância de tal educação ser mais autêntica, com o objetivo de promover uma alfabetização científica mais ampla e, conseqüentemente, contribuir na formação de cidadãos críticos-reflexivos. Além disso, tais pesquisas têm destacado a importância de um ensino que possa contribuir para o desenvolvimento de uma visão mais ampla *sobre* Ciências. Diante disso, uma abordagem de ensino que tem se mostrado promissora é o Ensino Fundamentado em Modelagem. Isso porque tal abordagem engloba uma série de outras práticas científicas e, portanto, pode favorecer aos estudantes desenvolver uma visão menos ingênua *sobre* Ciências. No entanto, até o momento, a literatura da área aponta que ainda não há estudos empíricos que tenham buscado investigar a relação entre Natureza da Ciência e Ensino Fundamentado em Modelagem no ensino de Ciências. A partir dessa lacuna, este estudo, baseado nos referenciais Gilbert e Justi (2016) e Justi e Erduran (2015), investigou: (i) Quais aspectos de Natureza da Ciência estudantes do Ensino Médio manifestam a partir da vivência de atividades de modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico? (ii) Como a participação em atividades de modelagem, nos contextos investigados, contribui para que tais estudantes manifestem uma visão mais ampla *sobre* Ciências? Em que extensão isso acontece? e (iii) Como o Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências v.2 pode favorecer a análise de dados coletados em contextos regulares de ensino? Para isso, três unidades didáticas baseadas em modelagem, previamente elaboradas em nosso Grupo de Pesquisa, foram aplicadas em duas turmas regulares de Química. A coleta dos dados envolveu registro em áudio e vídeo de todas as aulas, observação participante da pesquisadora, notas de campo, coleta de artefatos e questionamentos específicos aos estudantes em algumas aulas. Após a seleção de um grupo de estudantes e da interação intensa com seus dados obtidos a partir das múltiplas fontes, foi redigido um estudo de caso. Para a análise de dados, foi utilizado o Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências v.2 como ferramenta analítica, assim como o *software* NVivo para otimizar o processo de análise dos dados contidos no estudo de caso. A realização dessa pesquisa contribuiu não apenas para o preenchimento da lacuna encontrada na literatura da área, relacionada à inexistência de estudos empíricos que buscassem investigar a relação entre o ensino e aprendizagem *sobre* Ciências a partir do Ensino Fundamentado em Modelagem, mas também para a proposição de uma ferramenta para analisar dados obtidos em contextos regulares de ensino. Apontamos também para a importância de tal ferramenta ser utilizada tanto na elaboração e desenvolvimento de propostas de ensino, quanto em análises futuras a fim de fomentar discussões sobre o grande desafio que é promover um ensino de Ciências que favoreça aos estudantes o desenvolvimento de uma visão mais ampla *sobre* Ciências.

Palavras-chave: Natureza da Ciência. Ensino Fundamentado em Modelagem. Ensino de Química. Ensino Médio.

ABSTRACT

In the last two decades, some studies in the Science Education area have been emphasising the importance of making scientific education more authentic, aiming at promoting a broader scientific literacy and, consequently, contributing to the education of critical-reflective citizens. In addition, such studies have highlighted the importance that teaching may contribute to the development of a comprehensive view about science. In such a context, a Modelling-based Teaching has been viewed as a promising teaching approach. This is because such an approach encompasses several other scientific practices and therefore may favour the development of students' less naive views about science. However, to date, the literature of the area points out that there are still no empirical studies that have tried to investigate the relations between Nature of Science and Modelling-based Teaching in Science Education. From this gap, this study, based on Gilbert and Justi (2016) and Justi and Erduran (2015) theoretical ideas, investigated: (i) Which aspects of Nature of Science do High School students' show when participating in modelling activities in everyday, scientific and socio-scientific contexts? (ii) How does the participation in modelling activities in the contexts investigated contribute to such students' manifestation of a comprehensive view about science? To what extent does this occur? and (iii) How can the Model of Science for Science Education v.2 support the analysis of data collected in regular teaching contexts? Three modelling-based didactic units, based on the same topic, previously produced by our Research Group, were applied into two regular Chemistry classes. Data collection involved audio and video recording of all classes, the researcher's participant observation, field notes, artefact collection, and simple interviews with the students in some classes. After the selection of a group of students and intense interaction with the data related to this group gathered from multiple sources, a case study was drawn up for this group. For data analysis, the Model of Science for Science Education v.2 was used as an analytical tool. We also used the NVivo software to optimise the data analysis process. The conduction of this study contributed not only to filling the gap found in the literature of the area, related to the absence of empirical studies that try to investigate the relations between teaching and learning about science from the Modelling-based Teaching perspective, but also to the production of a tool to analyse data gathered in regular teaching contexts. We also point out the importance of such a tool being used both in the generation and conduction of further teaching activities and in future analyses that may foster discussions about the great challenge of promoting science education aiming at providing conditions for the development of students' comprehensive views about science.

Keywords: Nature of Science. Modelling-based Teaching. Chemistry Teaching. High School.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CdC – Características da Ciência

COLTEC/UFMG – Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

DNA – Ácido Desoxirribonucleico

E – Estudante

EFM – Ensino Fundamentado em Modelagem

EJA – Educação de Jovens e Adultos

ERIC – Education Resources Information Center

FaE/UFMG – Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais

G1 – Grupo 1

MoCEC – Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências

NdC – Natureza da Ciência

NOS – Nature of Science

P – Professora e/ou Pesquisadora

PQ – Pesquisadora

QSC – Questões Sociocientíficas

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

v. – Versão

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Science Eye: Representação do MoCEC.	26
Figura 2.2 – O Modelo de Modelagem v.2: Representação do processo de modelagem.	30
Figura 4.1 – Representação do processo dinâmico ao utilizar o software NVivo para análise de dados.	61
Figura 5.1 – Visão da Ciência: Representação do MoCEC v.2.	68
Figura 5.2 – Lado externo da máquina de vender latas de refrigerante.	76
Figura 5.3 – Lado interno da máquina de vender latas de refrigerante.	78
Figura 5.4 – Modelo concreto proposto para explicar o comportamento observado para a sacola quando submetida à tentativa de dobrá-la.	106
Figura 5.5 – Modelo concreto proposto para explicar o comportamento observado para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la.	106
Figura 5.6 – Modelo concreto reformulado para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la e ao aquecimento direto.	121
Figura 5.7 – Modelo concreto reformulado para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la e ao aquecimento direto v.2.	132
Figura 5.8 – Modelo concreto proposto para explicar os comportamentos observados para o pneu quando submetido à tentativa de dobrá-lo e ao aquecimento direto.	132
Figura 5.9 – Divisão do modelo concreto proposto para explicar os comportamentos observados para a sacola quando submetida à tentativa de dobrá-la e ao aquecimento direto em dois novos modelos concretos para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV e o pneu quando submetidos aos mesmos processos.	133
Figura 6.1 – Listras de codificação e densidade de codificação dos aspectos manifestados pelos estudantes no contexto cotidiano.	209
Figura 6.2 – Listras de codificação e densidade de codificação dos aspectos manifestados pelos estudantes no contexto científico.	212
Figura 6.3 – Listras de codificação e densidade de codificação dos aspectos manifestados pelos estudantes no contexto sociocientífico.	214

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 6.1 – Quantitativo de manifestações dos estudantes em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 nos contextos investigados.	167
Gráfico 6.2 – Quantitativo de manifestações da professora e das pesquisadoras em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 nos contextos investigados.....	182
Gráfico 6.3 – Quantitativo de manifestações dos estudantes em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 no contexto cotidiano.....	186
Gráfico 6.4 – Quantitativo de manifestações dos estudantes em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 no contexto científico.	187
Gráfico 6.5 – Quantitativo de manifestações dos estudantes em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 no contexto sociocientífico.....	188
Gráfico 6.6 – Quantitativo de manifestações dos estudantes e da professora e das pesquisadoras em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 no contexto cotidiano.....	192
Gráfico 6.7 – Quantitativo de manifestações dos estudantes e da professora e das pesquisadoras em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 no contexto científico.....	196
Gráfico 6.8 – Quantitativo de manifestações dos estudantes e da professora e das pesquisadoras em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 no contexto sociocientífico.....	202

LISTA DE QUADROS

Quadro 5.1 – Observações relacionadas ao funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante.	82
Quadro 5.2 – Registro da identificação do objeto, quantidade utilizada, finalidade do uso e destino após utilização de G1.	97
Quadro 5.3 – Previsões antes da tentativa de dobrar os objetos.	99
Quadro 5.4 – Observações após tentativa de dobrar os objetos.	100
Quadro 5.5 – Previsões relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento.	110
Quadro 5.6 – Observações relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento indireto e direto.	112
Quadro 5.7 – Previsões relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento.	126
Quadro 5.8 – Observações relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento indireto e direto.	129
Quadro 7.1 – Identificação dos contextos em que os estudantes manifestaram cada um dos aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2.	221

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1 Natureza da Ciência no Ensino de Ciências.....	20
2.2 Modelos e Modelagem no Ensino de Ciências.....	28
3. QUESTÕES DE PESQUISA	40
4. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	42
4.1 Abordagem Metodológica.....	42
4.2 Contexto da Pesquisa.....	43
4.3 Sujeitos da Pesquisa.....	43
4.4 Coleta de Dados	45
4.4.1 Unidades Didáticas.....	45
4.4.2 Procedimentos Éticos	47
4.4.3 Processo de Coleta de Dados	47
4.5 Análise de Dados	49
4.5.1 Ferramenta Analítica	49
4.5.2 Processo de Tratamento de Dados	56
4.5.3 Estudo de Caso.....	57
4.5.4 Processo de Análise de Dados	60
5. RESULTADOS	67
5.1 Ferramenta Analítica.....	67
5.2 Estudo de Caso	75
5.2.1 Modelagem – Contexto Cotidiano.....	75
5.2.2 Modelagem – Contexto Científico.....	92
5.2.3 Modelagem – Contexto Sociocientífico	137
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	166
6.1 Aspectos Manifestados.....	166
6.2 Visões Manifestadas	191

7. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES.....	219
7.1 Aspectos de Natureza da Ciência manifestados pelos estudantes nas atividades de modelagem em diferentes contextos.....	220
7.2. Contribuições das atividades de modelagem para a ampliação de visões de estudantes <i>sobre</i> Ciências	226
7.3 Utilização do Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências v.2 na análise de dados coletados em contextos regulares de ensino	228
7.4 Novos números de mágica... ..	229
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	231
APÊNDICES	241
Atividade 1 – Construindo o conhecimento de uma maneira diferente.....	241
Atividade 2 – Testando nossos modelos	242
Atividade 3 – Utilizando o modelo em outra situação.....	243
Atividade 4 – O papel das representações.....	244
Atividade 5 – Pensando sobre os plásticos	246
Atividade 6 – Características de diferentes objetos plásticos	247
Atividade 7 – Tentando explicar os comportamentos de diferentes objetos plásticos	248
Atividade 8 – Testando nossos modelos	249
Atividade 9 – Utilizando nossos modelos em outra situação.....	251
Atividade 10 – Tentando resolver o problema do acúmulo de plásticos	253
Atividade 11 – Seu modelo resolve o problema do acúmulo de plásticos?	258
Atividade 12 – Segunda Assembleia Geral: Novos Desafios	259
Atividade 13 – Uma proposta.....	261

1. INTRODUÇÃO

Educação não transforma o mundo.

Educação muda as pessoas.

Pessoas transformam o mundo.

Paulo Freire

Nas últimas duas décadas, foram publicadas algumas pesquisas na área de Educação em Ciências (por exemplo, MILLAR; OSBORNE, 1998; OSBORNE *et al.*, 2003; ARCHER *et al.*, 2010) que enfatizam a importância de a educação científica ser mais autêntica, isto é, de a mesma envolver situações de ensino que sejam mais próximas da Ciência (GILBERT, 2004), com o objetivo de promover uma alfabetização científica¹ mais ampla e, conseqüentemente, contribuir na formação de cidadãos críticos-reflexivos (SASSERON; CARVALHO, 2011). Tais pesquisas têm destacado a importância de um ensino que possa contribuir para o desenvolvimento de uma visão mais ampla *sobre* Ciências², na medida em que favoreça a compreensão e reflexão sobre os processos de construção do conhecimento científico, tais como: produção, comunicação, avaliação, revisão e validação.

A promoção de uma educação científica mais autêntica, que fomente a inserção de aspectos de Natureza da Ciência (NdC)³ de maneira contextualizada, explícita e integrada e, conseqüentemente, a discussão *sobre* Ciências, pode ser promovida inserindo os estudantes em situações de ensino que envolvam atividades de diferentes naturezas como, por exemplo, argumentativa, histórica e investigativa. Tal afirmativa é feita, neste momento, com base em meu percurso formativo, no qual tive a oportunidade de participar de tais atividades.

¹ Existe, na literatura brasileira, uma variação com relação ao termo alfabetização científica. Entretanto, a preocupação com a educação científica é a mesma, isto é, a formação de cidadãos críticos-reflexivos.

² O termo *sobre* Ciências, nesta pesquisa, é utilizado como sinônimo do termo Natureza da Ciência.

³ Optamos por utilizar a tradução do termo *Nature of Science (NOS)*, visto que esta dissertação foi redigida em português. Natureza da Ciência, de maneira geral, é entendida como uma área de conhecimento que possibilita a compreensão e reflexão sobre os processos de construção do conhecimento científico.

No último ano de Graduação em Química Licenciatura, cursado na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), por exemplo, tive a oportunidade de participar de duas disciplinas optativas. Em uma delas foi discutido o Ensino de Química Fundamentado em Modelagem e, na outra, foram discutidos Aspectos Históricos e de Natureza da Ciência no Ensino de Química. Estas disciplinas me oportunizaram:

- i. compreender e vivenciar o processo de modelagem;
- ii. conhecer, utilizar e elaborar materiais instrucionais que podem favorecer o processo de modelagem;
- iii. reconhecer as contribuições do processo de modelagem no Ensino de Química – o que pode ser ampliado para o Ensino de Ciências;
- iv. conhecer, utilizar e elaborar materiais instrucionais baseados, por exemplo, em casos históricos e/ou contemporâneos e episódios da história da ciência, que podem favorecer a inserção e discussão, de maneira contextualizada, explícita e integrada, de alguns aspectos de História e de Natureza da Ciência; e
- v. desenvolver uma visão mais ampla *sobre* Ciência, isto é, uma visão que leva em consideração contribuições de diferentes áreas para caracterizar a Ciência.

Para obtenção do título de Licenciada em Química, apresentei ao Colegiado do Curso de Graduação em Química meu Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “O Uso da História da Ciência como Estratégia para o Ensino de Química: Estudo de caso sobre a técnica de fermentação utilizada pelos antigos egípcios”, desenvolvido sob orientação da Professora Doutora Rosária Justi e coorientação da Professora Doutora Maria Eliza Moreira Dai de Carvalho. Neste trabalho, após uma revisão na literatura da área, produzi: (i) um estudo de caso histórico sobre a técnica de fermentação utilizada pelos antigos Egípcios; (ii) uma sequência didática na qual foram utilizados elementos do estudo de caso histórico previamente produzido, assim como outras informações para introduzir o conteúdo de transformações químicas para estudantes do 1º ano do Ensino Médio; e (iii) o material do professor, para que aquele que tenha interesse possa ter conhecimento de como pensamos e elaboramos o estudo de caso histórico e a sequência didática – aspectos essenciais para que a mesma possa ser desenvolvida em um contexto regular de ensino.

Após ter concluído a Graduação, comecei a participar do Grupo de Pesquisa REAGIR – Modelagem e Educação em Ciências. Neste, tive a oportunidade de ler sobre

Argumentação e Analogias, bem como aprofundar meus estudos sobre Modelos, Modelagem e Natureza da Ciência.

Neste mesmo ano, fui aprovada no concurso público para professor substituto no setor de Química do Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais (COLTEC/UFMG). Entretanto, tomei posse apenas no ano seguinte. Enquanto professora substituta, pude realizar com os estudantes algumas atividades de diferentes naturezas como, por exemplo, argumentativa, histórica e investigativa. Com relação a atividades de natureza histórica – que também pode ser considerada investigativa – desenvolvi a sequência didática que propus em meu Trabalho de Conclusão de Curso para introduzir o conteúdo de transformações químicas. Com relação a atividades de natureza histórica e argumentativa, promovi um júri simulado que teve como tema a vida pessoal e profissional de Marie Curie no contexto de ensino do conteúdo modelos para o átomo. Ambas atividades foram propostas, elaboradas e desenvolvidas com o objetivo de inserir aspectos de NdC de maneira contextualizada (em ambas existia um contexto histórico como pano de fundo), explícita (em ambas os aspectos de NdC eram discutidos de maneira explícita) e integrada (em ambas existia um conteúdo científico curricular). Por fim, com relação a atividades de natureza histórica apenas, desenvolvi uma atividade baseada no filme “Estrelas Além do Tempo” com o objetivo de avaliar a *compreensão funcional*⁴ da Ciência por parte dos estudantes ao participarem de tais atividades⁵. Acredito que o fato de, em meu percurso formativo, ter tido a oportunidade de participar de atividades de diferentes naturezas influenciou minha prática docente.

Com o intuito de prestar o processo seletivo para o Mestrado em Educação e Ciências, no mesmo ano em que tomei posse no concurso, participei de uma disciplina isolada ofertada pelo Programa de Pós-Graduação: Conhecimento e Inclusão Social em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais

⁴ Segundo Allchin (2014), podemos inferir que um estudante desenvolveu uma *compreensão funcional* da Ciência quando o mesmo possui a capacidade de avaliar a confiabilidade de afirmações científicas para a tomada de decisões pessoal e social conscientemente.

⁵ Para saber mais sobre tais atividades ver: Santos, Justi e Carvalho (2015); Santos e Justi (2017); Santos (2018); e Santos e Justi (2018).

(FaE/UFMG), na qual foram discutidas as Tendências de Pesquisa na área de Educação em Ciências. Esta disciplina me oportunizou:

- i. desenvolver uma visão mais ampla sobre as pesquisas desenvolvidas na área;
- ii. aprender a fazer buscas na literatura da área utilizando, por exemplo, a base de dados ERIC (Education Resources Information Center); e
- iii. realizar uma revisão da literatura sobre Natureza da Ciência e Modelos e Modelagem no Ensino de Ciências.

No âmbito desta disciplina, foi possível identificar, por exemplo, padrões ou tendências na área, controvérsias, posições ou argumentos característicos, referências chave e, o mais importante, a não existência de estudos empíricos que investigassem a relação entre Natureza da Ciência e Modelos e Modelagem no Ensino de Ciências.

A partir dessa lacuna e das experiências que tive a oportunidade de vivenciar ao longo de meu percurso formativo ao participar e desenvolver atividades de diferentes naturezas, me interessei em investigar a relação entre Natureza da Ciência e Modelagem no Ensino de Ciências. Isto porque, ao pensar em atividades de natureza investigativa, uma abordagem de ensino que tem se mostrado promissora é o Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM)⁶, uma vez que ela engloba uma série de outras práticas científicas como, por exemplo, as relacionadas à investigação, experimentação, validação de resultados e argumentação. Portanto, tal abordagem pode favorecer aos estudantes desenvolver uma visão menos ingênua *sobre* Ciência.

Diante disso, elaborei um Projeto de Pesquisa para prestar o processo seletivo para o Mestrado em Educação e Ciências que, após ser desenvolvido, resultou nesta dissertação, que foi redigida e organizada em sete capítulos. Neste primeiro capítulo, apresentamos⁷ os objetivos a serem alcançados através da educação científica, a

⁶ Tal ensino ocorre a partir de situações nas quais os estudantes são envolvidos em atividades que favorecem a vivência de todas as etapas do processo de modelagem (GILBERT; JUSTI, 2016).

⁷ Ao longo desta dissertação, optei pelo uso da primeira pessoa do plural, exceto quando apresentei meu percurso formativo; e as contribuições e implicações para o mesmo, visto que a minha voz é constituída de várias vozes como, as vozes de minha orientadora e minha coorientadora, de meus colegas do Grupo de Pesquisa do qual faço parte, de meus colegas de áreas afins, de professores que tive ao longo de minha formação, de livros e/ou artigos que li, de pesquisadores que admiro, entre outras.

construção do objeto de pesquisa ao longo de meu percurso formativo, bem como o nosso objetivo e a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo, apresentamos algumas visões sobre os temas Natureza da Ciência e Modelos e Modelagem no Ensino de Ciências, assim como nos posicionamos em relação às mesmas.

No terceiro capítulo, apresentamos, de maneira mais detalhada, o nosso objetivo, bem como a versão do mesmo em questões de pesquisa.

No quarto capítulo, apresentamos detalhadamente como desenvolvemos essa pesquisa, isto é, os aspectos metodológicos adotados ao longo de todo o processo, assim como a justificativa para a escolha de cada um desses aspectos.

No quinto capítulo, apresentamos os resultados de natureza teórica e empírica alcançados ao longo dessa pesquisa.

No sexto capítulo, apresentamos a discussão dos resultados de natureza empírica à luz dos resultados de natureza teórica, bem como dos referenciais teóricos adotados e das visões apresentadas ao longo do segundo capítulo.

No último capítulo, apresentamos nossas conclusões, assim como as contribuições e implicações de nossa pesquisa tanto para o ensino, quanto para a pesquisa. Finalmente, destacamos também contribuições e implicações de nossa pesquisa para mim enquanto pessoa, professora e pesquisadora.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A partir das leituras realizadas com o intuito de compreender a relevância da inserção e discussão de aspectos de Natureza da Ciência (NdC), de maneira contextualizada, explícita e integrada; e do Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM) para a pesquisa em Educação em Ciências, mais especificamente para o ensino e aprendizagem *sobre* Ciências, discutimos como os principais referenciais que sustentam esta pesquisa têm sido abordados.

2.1 Natureza da Ciência no Ensino de Ciências

Ao longo dos últimos anos, vários pesquisadores da área têm investigado sobre a importância de se inserir Natureza da Ciência no Ensino de Ciências (por exemplo, LEDERMAN *et al.*, 2002; ALLCHIN, 2011; IRZIK; NOLA, 2011; ABD-EL-KHALICK, 2012; ALLCHIN, 2012; MATHEWS, 2012; ALLCHIN, 2013; IRZIK; NOLA, 2014; JUSTI; ERDURAN, 2015; ALLCHIN, 2017). Ao fazermos uma busca na literatura da área encontramos várias definições. Dentre elas, nos identificamos com a apresentada por McComas (2008). Segundo tal definição, Natureza da Ciência é

Um domínio híbrido que combina aspectos de vários estudos sociais da Ciência, incluindo História, Filosofia e Sociologia da Ciência, combinados com a pesquisa das ciências da Cognição, como a Psicologia, em uma rica descrição da Ciência; como ela funciona, a forma de operar dos cientistas, enquanto um grupo social; e como a própria sociedade tanto dirige como reage aos empreendimentos científicos (MCCOMAS, 2008, p. 249, tradução nossa).

Alguns desses pesquisadores também têm enfatizado a necessidade de NdC ser discutida de maneira contextualizada e explícita, visto que isso pode contribuir para uma alfabetização científica mais ampla e, conseqüentemente, para a formação de cidadãos⁸ críticos-reflexivos (SASSERON; CARVALHO, 2011). Isto porque abordar os aspectos de NdC de tal maneira pode favorecer o desenvolvimento de uma visão mais ampla *sobre* Ciências na medida em que tal abordagem contribui para a compreensão

⁸ É importante destacar que assim como Roberts (2011), defendemos que a educação científica não deve ser voltada à formação de cientistas, mas sim de cidadãos. Independentemente de estes cidadãos se tornarem cientistas, eles devem ser capazes, de maneira geral, de compreender e refletir sobre o conhecimento científico.

e reflexão sobre os processos relacionados ao conhecimento científico, tais como os de produção, comunicação, avaliação, revisão e validação do mesmo.

Apesar de existir um consenso entre pesquisadores da área sobre a importância de se inserir NdC no currículo, ainda não existe consenso sobre *o que e como* inserir (MATHEWS, 1998; IRZIK; NOLA, 2011; ALLCHIN *et al.*, 2014). Isto pode estar relacionado à falta de consenso entre os pesquisadores da área sobre *o que é* Ciência e/ou sobre *o que é* fundamental para caracterizá-la.

Apesar disso, com relação a *o que* inserir no currículo, alguns pesquisadores (por exemplo, ABD-EL-KHALICK *et al.*, 1998; LEDERMAN *et al.*, 2002; LEDERMAN, 2006) acreditam que é possível e necessário elencar alguns aspectos de NdC que sejam relevantes. Nessa perspectiva, Lederman e seus colaboradores propuseram uma lista de sete princípios:

- i. o conhecimento científico é provisório;
- ii. o conhecimento científico tem caráter empírico;
- iii. o conhecimento científico é norteado por teorias;
- iv. o conhecimento científico é produto da criatividade e imaginação humanas;
- v. o conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social;
- vi. existem diferenças entre observação e inferência; e
- vii. existem diferenças entre leis e teorias científicas (LEDERMAN, 2006).

A partir dessa proposição, vários estudos empíricos foram realizados e publicados, como destacado por Deng, Chen, Tsai e Chai (2011). Tais estudos tinham como objetivo, principalmente, caracterizar a visão de estudantes e professores sobre NdC, assim como propor e validar instrumentos para realizar tais caracterizações. A publicação desses estudos resultou na divulgação de tal proposta e, conseqüentemente, na aceitação da mesma por parte da comunidade científica, como evidenciado por inúmeras publicações que utilizam a lista de princípios como referencial teórico (por exemplo, LEDERMAN; KHISHFE, 2002; LEDERMAN; KO, 2002; LEDERMAN *et al.*, 2002; SCHWARTZ *et al.*, 2008; CAKICI; BAYIR, 2012; BAYIR *et al.*, 2014).

Entretanto, alguns pesquisadores (por exemplo, OSBORNE *et al.*, 2003; MCCOMAS, 2008; WEINSTEIN, 2008; WONG; HODSON, 2010; ALLCHIN, 2011; IRZIK; NOLA, 2011; VAN DICK, 2011; MATHEWS, 2012; ALLCHIN, 2013; NIELSEN,

2013; ERDURAN; DAGHER, 2014; IRZIK; NOLA, 2014; JUSTI; ERDURAN, 2015; ALLCHIN, 2017) criticam tal proposta pois, segundo eles, os princípios apresentados na lista são, inquestionavelmente, características da Ciência, mas a mesma não se restringe apenas a esses princípios.

Segundo Osborne *et al.* (2003) a lista de princípios é simplista. Neste estudo, que envolveu a participação de diferentes especialistas envolvidos com Ciência e/ou Educação em Ciências (cientistas, filósofos, historiadores, sociólogos, professores, entre outros) com o objetivo de investigar se havia um consenso entre eles acerca do que deveria ser ensinado aos estudantes sobre NdC, tais autores encontraram resultados que enfatizam a importância de introduzir também no currículo aspectos de NdC relacionados aos métodos de investigação científica. Em contrapartida, McComas (2008) apesar de assumir que elementos da Filosofia, História, Sociologia da Ciência e Cognição fazem parte de NdC, concorda, em geral, com a proposta de Lederman e colaboradores.

Assim como McComas (2008), Wong e Hodson (2010) também reconhecem o valor das contribuições filosóficas, históricas e sociológicas para a identificação de elementos de NdC a serem incluídos no currículo. No entanto, eles também defendem a importância de se conhecer os pontos de vista de cientistas e se posicionam contra a introdução da lista de princípios no ensino.

Outros autores também aceitam, em alguma extensão, a lista de princípios proposta por Lederman e seus colaboradores. Por exemplo, ao caracterizar a NdC, Weinstein (2008) enfatiza quatro aspectos sociais da Ciência que deveriam ser ensinados aos estudantes, sendo eles: (i) *Ciência como investigação*; (ii) *Ciência como cultura*; (iii) *Ciência como trabalho*; e (iv) *Ciência como empreendimento*. Os dois últimos aspectos ainda não haviam sido enfatizados na literatura. Além disto, baseado na ideia de Ciência como ação comunicativa, Nielsen (2013) propôs a adição de outro princípio na lista. Segundo ele, tal princípio deveria enfatizar o papel da comunicação tanto como um tipo de conhecimento científico, quanto na produção e validação de conhecimentos científicos.

Por outro lado, Irzik e Nola (2011, 2014) criticam mais intensamente a lista de princípios, considerando que ela não considera a existência de diferentes disciplinas

científicas e a especificidade de cada uma delas, isto é, a lista caracteriza a Ciência de maneira homogênea. Diante disso, os autores propuseram uma abordagem alternativa baseada na ideia de *Semelhança Familiar* proposta por Wittgenstein. De acordo com os autores, “os membros de uma família podem se assemelhar uns aos outros em alguns aspectos, mas não em outros” (IRZIK; NOLA, 2011, p. 594, tradução nossa). Por analogia, cada uma das disciplinas científicas teria características semelhantes e diferentes em relação às outras. A partir disso, eles afirmam que não devemos definir Ciência identificando suas características universais, e sim identificando características semelhantes e diferentes de cada área.

Apesar de, ao proporem tal abordagem, os autores terem expressado seu desejo de que a mesma fosse utilizada no ensino de Ciências e fornecido algumas sugestões, eles reconhecem que tal abordagem é teórica. Um detalhamento maior sobre como seria possível utilizar tais ideias no ensino de Ciências foi proposto por Erduran e Dagher (2014).

Prosseguindo com as críticas à lista de princípios, Van Dick (2011) e Mathews (2012) também afirmam que tais princípios não podem ser usados para caracterizar a Ciência, visto que, a partir deles, não é possível distinguir a Ciência de outras áreas do conhecimento. Como uma alternativa, Mathews (2012) propõe a mudança da terminologia Natureza da Ciência para Características da Ciência (CdC), o que implica em mudar o foco da pesquisa. Isto porque, segundo o autor, ao utilizar o termo CdC a pesquisa deixaria de ser de natureza essencialista e epistemológica e assumiria uma natureza mais flexível, contextual e heterogênea. Para isso, ele propõe acrescentar outras características como, econômicas, epistemológicas, históricas, psicológicas, sociais, tecnológicas, entre outras, na lista. Além disso, ele sugere que tais características podem ser inseridas e discutidas, por exemplo, através do uso de episódios da história da ciência.

Outro crítico da lista é Allchin (2011, 2013, 2017). Para ele, apresentar uma lista de princípios de maneira declarativa não contribui para a alfabetização científica porque a compreensão, a recordação e/ou a memorização da lista não auxiliam os estudantes a refletir, por exemplo, sobre as influências que o processo de construção do conhecimento científico pode exercer em tomadas de decisões individuais e/ou sociais

conscientes. Em outras palavras, a lista de princípios, não contribui para uma *compreensão funcional* da Ciência.

Pensando no contexto do ensino de Ciências, Allchin (2011, 2013, 2017) propôs o perfil de Dimensões de Confiabilidade da Ciência. Tal perfil é denominado *Ciência Integral* (*Whole Science*, no original em inglês), uma vez que o mesmo inclui algumas dimensões de confiabilidade nas práticas científicas como, por exemplo, as relacionadas à observação, experimentação, investigação, análise de dados, validação de resultados e comunicação do conhecimento científico. Segundo o autor, a denominação *Ciência Integral* pode ser compreendida como um modo de ver a Ciência de maneira holística. Portanto, para Allchin, em vez de apresentar uma lista de princípios para os estudantes, seria mais adequado apresentar, de maneira contextualizada e explícita, um perfil de dimensões que é constituído de categoria epistêmicas funcionais relacionadas a: (i) *observações*; (ii) *métodos de investigação*; (iii) *instrumentação*; (iv) *padrões de raciocínio*; (v) *dimensões históricas*; (vi) *dimensões humanas*; (vii) *interações entre cientistas*; (viii) *dimensões socioculturais*; (ix) *economia e/ou financiamento*; e (x) *comunicação*. Em suma, o que Allchin defende é que a análise dos procedimentos envolvidos nas práticas científicas ou a validade do conhecimento produzido a partir delas pode ser conduzida a partir de categorias epistêmicas funcionais que constituem tal perfil.

Baseado na perspectiva da *Ciência Integral*, Allchin (2013) apresenta uma coleção de estudos de casos históricos e contemporâneos com a identificação de categorias epistêmicas funcionais que podem emergir dos mesmos. Isto se mostra coerente, visto que o autor defende a perspectiva de *Ciência em construção*. Neste livro, ele também apresenta algumas propostas a partir das quais os estudantes podem trabalhar em grupos estruturando ideias para se posicionar, por exemplo, a favor ou contra determinado ponto de vista e/ou afirmação científica. Entretanto, até o presente momento (final de 2018) não encontramos na literatura relatos sobre o uso de casos baseados na perspectiva de *Ciência Integral* no contexto de Educação em Ciências.

Recentemente, utilizamos o perfil de Dimensões de Confiabilidade da Ciência como ferramenta, para identificar e caracterizar (i) os aspectos que permearam a fala dos estudantes envolvidos na discussão de um episódio histórico – mais especificamente

em um júri simulado que teve como tema a vida pessoal e profissional de Marie Curie –; e (ii) o modo como tais aspectos foram utilizados naquele contexto (SANTOS, 2018). Para isso, fizemos uma adaptação no perfil no sentido de caracterizar as dimensões e tornar a ferramenta funcional. Isto foi necessário porque nas diversas referências do autor, ele apresenta apenas as dimensões e as categorias epistêmicas funcionais relacionadas às mesmas, sem caracterizá-las, e, às vezes, agrupadas de maneira diferente.

Assim, nos parece que, dos pesquisadores que apresentaram críticas à proposta de Lederman e seus colaboradores, Allchin (2013) foi o que apresentou propostas concretas e claras de *como* inserir aspectos de NdC, de maneira contextualizada, explícita e integrada, no Ensino de Ciências.

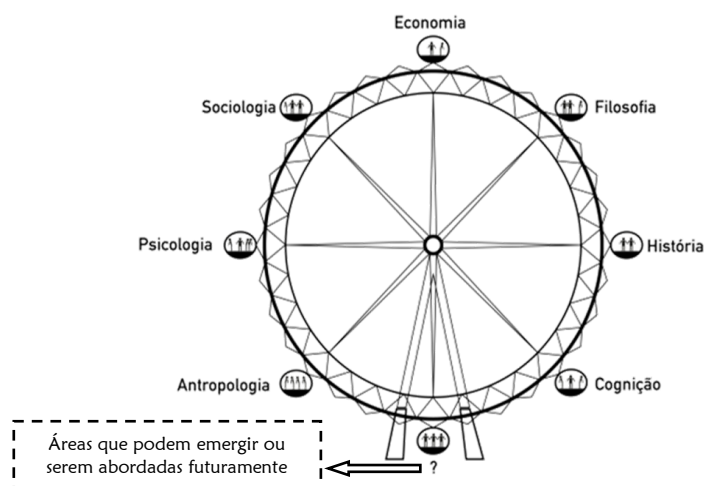
Considerando as críticas apresentadas à lista de princípios proposta por Lederman e seus colaboradores e a observação de que a proposta de Allchin (2013) favorece a inserção e discussão de aspectos de NdC no Ensino de Ciências, Justi e Erduran (2015) propuseram o Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências (MoCEC).

O MoCEC foi elaborado a partir da necessidade de discutir Ciência de uma forma ampla e contemplando suas diversas características no contexto do ensino de Ciências. Ele se baseia em duas premissas: (i) a Ciência é uma complexa atividade cognitiva, epistêmica e social, que pode e tem sido caracterizada a partir de uma série de perspectivas disciplinares; e (ii) os argumentos *sobre* Ciências devem se basear em evidências oriundas de perspectivas disciplinares distintas para que a Educação em Ciências favoreça o desenvolvimento de uma visão mais ampla *sobre* Ciências (JUSTI; ERDURAN, 2015)

As autoras também propuseram uma representação visual do MoCEC (figura 2.1), que recebeu o nome de *Science Eye*. Ela foi elaborada em analogia à London Eye que é uma das maiores rodas gigantes de observação do mundo, situada em Londres. A analogia à London Eye foi estabelecida considerando-se que, assim como a visão de Londres, a da Ciência é ampla e extremamente complexa. Se considerarmos que cada cápsula representa uma perspectiva disciplinar, então cada uma delas pode fornecer uma orientação diferente para a Ciência. Além disso, a Ciência pode ser visualizada a partir de uma única cápsula ou de várias ao mesmo tempo; e essa visão pode ser diferente dependendo da “posição” que a pessoa ocupa dentro da cápsula (em termos,

por exemplo, de assumir uma corrente especial em uma área), de se ela se movimenta ou não (isto é, se busca novas maneiras de pensar em uma mesma área), e da quantidade de pessoas dentro da cápsula (isto é, se a pessoa trabalha sozinha ou em grupo).

Figura 2.1 – Science Eye: Representação do MoCEC.



Fonte: Adaptada de Justi e Erduran, 2015, p. 7.

De acordo com Justi e Erduran (2015), a Ciência pode ser caracterizada a partir de diferentes perspectivas disciplinares, sendo elas:

- i. *Antropologia da Ciência*, por ser uma área que considera o trabalho científico como uma forma de ação social e que o desenvolvimento do conhecimento científico é uma forma de produção cultural;
- ii. *Psicologia da Ciência*, por ser uma área que estuda o comportamento e os processos mentais dos cientistas, assim como aspectos de neurociência;
- iii. *Sociologia da Ciência*, por ser uma área que estuda tanto o papel central da comunidade científica na sociedade quanto os impactos da sociedade na Ciência;
- iv. *Economia da Ciência*, por ser uma área que estuda a influência dos fatores econômicos no comportamento dos cientistas, a distribuição dos recursos financeiros destinados à Ciência e as operações financeiras praticadas pelas instituições científicas;
- v. *Filosofia da Ciência*, por ser uma área cujos principais focos de interesse são o próprio significado da Ciência e seus aspectos epistemológicos, ou seja, aqueles relacionados à produção do conhecimento científico, às suas origens e à sua validação;

- vi. *História da Ciência*, por ser uma área que estuda o desenvolvimento da Ciência e dos conhecimentos científicos ao longo do tempo, evidenciando assim que o conhecimento científico é provisório; e
- vii. *Cognição*, por ser uma área que estuda os processos de aquisição de conhecimento, ou seja, como os indivíduos pensam ao produzir e/ou entender o conhecimento científico e os tipos de raciocínios que eles podem usar nesse processo.

Além disso, existe um *Ponto de Interrogação (?)* associado a uma das cápsulas, indicando que uma ou mais áreas podem emergir ou serem abordadas futuramente, evidenciando assim que o modelo está aberto a modificações. Portanto, a intenção das autoras ao apresentar essas perspectivas disciplinares não era que elas fossem exaustivas, mas sim representativas.

Tal modelo foi proposto para que professores o utilizassem como suporte no planejamento de situações de ensino mais autênticas, visto que o mesmo possibilita a caracterização da Ciência a partir de diferentes perspectivas disciplinares. Segundo as autoras, pode haver visões divergentes nessas perspectivas, uma vez que é possível adotar diferentes referenciais para inserir e discutir uma mesma perspectiva disciplinar, as quais Justi e Erduran (2015) defendem que sejam abordadas no ensino de Ciências para que os estudantes desenvolvam uma visão mais ampla *sobre* Ciências.

Além disso, pensando no MoCEC como suporte no planejamento de situações de ensino mais autênticas, as autoras mencionam que ele não propõe que todos os aspectos de NdC de todas as perspectivas disciplinares sejam discutidos com os estudantes em apenas um momento. Ao contrário, os aspectos de NdC devem ser selecionados pelo professor em função do contexto educacional. O professor tem o papel de decidir quais aspectos de quais perspectivas disciplinares ele abordará em um determinado conteúdo, visto que as autoras, assim como Allchin, também defendem que os mesmos sejam inseridos de maneira contextualizada, explícita e integrada. Além disso, é essencial que o professor promova a discussão de diferentes aspectos de NdC de distintas perspectivas disciplinares em diferentes momentos do curso, de forma que os estudantes possam ter condições de desenvolver uma visão mais ampla *sobre* Ciências.

Apesar de, ao proporem tal modelo, as autoras terem expressado seu desejo de que o mesmo fosse utilizado no ensino de Ciências e fornecido alguns exemplos de como isto poderia ser feito, assim como no caso de Irzik e Nola (2011, 2014), elas reconhecem que, naquela época, não dispunham de suporte empírico para o modelo. Entretanto, elas acreditam que o MoCEC pode contribuir para promover situações de ensino que sejam mais próximas da Ciência, isto é, uma educação científica mais autêntica (GILBERT, 2004).

Pensando no contexto de ensino de Ciências, pouco tempo depois, Gilbert e Justi (2016) sugeriram o ensino e aprendizagem *sobre* Ciências através do Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM). Todavia, as possíveis contribuições do EFM para o ensino e aprendizagem *sobre* Ciências foram analisadas tomando como referências a abordagem alternativa baseada na ideia de *Semelhança Familiar* proposta por Irzik e Nola (2011, 2014) e o perfil de Dimensões de Confiabilidade da Ciência proposto por Allchin (2011, 2013, 2017)⁹.

Após tomarmos conhecimento de como os principais referenciais sobre NdC têm sido abordados na literatura, faz-se necessário fazer o mesmo para os principais referenciais sobre Modelos e Modelagem. Isto porque, assim como Gilbert e Justi (2016), acreditamos ser possível o ensino e aprendizagem *sobre* Ciências através do EFM. Entretanto, diferentemente dos autores, tomamos como referência o MoCEC proposto por Justi e Erduran (2015), visto que entendemos que o mesmo possibilita uma caracterização mais ampla da Ciência do que as ideias de Irzik e Nola (2011, 2014) e de Allchin (2011, 2013, 2017).

2.2 Modelos e Modelagem no Ensino de Ciências

Ao investigarmos as palavras *modelo* e *modelagem* na literatura, encontramos diversos significados para as mesmas. Essa variedade de significados pode estar relacionada tanto ao contexto no qual tais ideias foram propostas, como ao contexto no qual elas são empregadas. Diante disso, sentimos a necessidade de optar por um

⁹ Isto aconteceu porque o livro foi escrito antes de o MoCEC ter sido completamente elaborado.

significado que fizesse sentido não apenas na área de Educação em Ciências, mas também para os sujeitos envolvidos nessa pesquisa.

Uma definição frequentemente encontrada na literatura é a de que modelos são representações parciais de entidades (objetos, eventos, processos ou ideias), elaborados com um objetivo específico (GILBERT *et al.*, 1998).

Baseado nessa definição, Gilbert, Boulter e Elmer (2000) propuseram a existência de seis modos de representação para modelos:

- i. *concreto* (tridimensional), caracterizado pelo uso de materiais como massinha de modelar, palitos de dente, bolinhas de isopor, entre outros;
- ii. *gestual*, caracterizado pelo uso de movimentos do corpo ou de partes dele (por exemplo, as mãos);
- iii. *simbólico*, constituído por símbolos, fórmulas e equações químicas e matemáticas;
- iv. *verbal* (oral ou escrito), identificado por descrições e/ou explicações de entidades e de relações entre elas, assim como pelo uso de metáforas e analogias como base para o modelo elaborado;
- v. *virtual*, isto é, animações e simulações computacionais; e
- vi. *visual* (bidimensional) caracterizado por desenhos, gráficos, tabelas, entre outros.

A escolha da forma de representação depende do contexto e dos objetivos específicos para os quais os modelos são elaborados e utilizados. Além disso, os autores afirmam que modelos podem ser utilizados para representar parcialmente diversas entidades em diferentes níveis, por exemplo, macroscópico, microscópico e submicroscópico.

Mais recentemente, embasados em outras perspectivas psicológicas e filosóficas, Gilbert e Justi (2016) propuseram considerar modelos como artefatos epistêmicos, isto é, como ferramentas de pensamento. Neste sentido, eles podem ser utilizados com outras finalidades além da de representar alguma entidade (KNUUTTILA, 2005). Assim, a ideia de modelos como artefatos epistêmicos possui um significado mais amplo do que a de modelos apenas como representações.

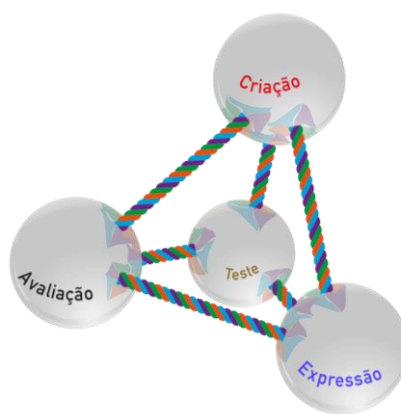
Por concordarmos com tais autores, optamos por adotar o significado apresentado para modelos segundo Gilbert e Justi (2016), isto é, modelos como

artefatos epistêmicos, significado que tem sido adotado em todos os trabalhos atuais de nosso Grupo de Pesquisa REAGIR – Modelagem e Educação em Ciências. Além disso, estudos desenvolvidos em nosso Grupo de Pesquisa, mesmo aqueles pautados no significado de modelos como representações parciais, isto é, antes da ampliação do significado de modelos, deixam claro que, quando os estudantes estão envolvidos em atividades de modelagem, eles constroem o conhecimento científico a partir do processo que envolve o elaborar e utilizar modelos, considerando-os não apenas como representações parciais, mas também como artefatos (GILBERT; JUSTI, 2016).

Uma vez definido o significado a ser adotado para modelos, é preciso definirmos o significado que utilizamos neste trabalho para modelagem. Visando manter a coerência com o significado adotado para modelos, também nos embasamos em perspectivas psicológicas e filosóficas apresentadas para o processo de modelagem por Gilbert e Justi (2016) para o processo de modelagem. Assim, assumimos que modelagem é um processo cíclico, complexo, criativo, não linear, não predeterminado e, portanto, dinâmico, tanto de elaboração e expressão de modelos, como de utilização dos mesmos na construção do conhecimento científico.

Segundo os autores, tal processo (representado na figura 2.2) envolve quatro etapas – *criação*; *expressão*; *teste*; e *avaliação* – que podem ocorrer em ordens variadas.

Figura 2.2 – O Modelo de Modelagem v.2: Representação do processo de modelagem.



Fonte: Gilbert e Justi, 2016. p. 36.

De acordo com Justi e Gilbert (2002), Justi (2006) e Gilbert e Justi (2016) essas etapas possuem subetapas e podem ser caracterizadas da seguinte maneira:

- i. *criação* é a etapa na qual há a definição e/ou a compreensão dos objetivos para a obtenção de informações sobre a entidade a ser modelada e a seleção de uma base para estabelecer os raciocínios iniciais. Os objetivos são geralmente definidos pelo professor e devem ser compreendidos pelo estudante para que este possa participar do processo. A obtenção de informações pode ocorrer de diversas maneiras como, por exemplo, através de fonte interna (como as ideias prévias de estudantes) e/ou através de fontes externas (como pesquisas, experimentos mentais e/ou empíricos, informações fornecidas na atividade e/ou pelo professor). As bases podem ser selecionadas a partir do uso de metáforas, analogias e/ou equações matemáticas. A integração dinâmica e/ou simultânea dessas subetapas (definição e/ou compreensão de objetivos, obtenção de informações e seleção de bases), somada à criatividade e ao raciocínio crítico do estudante, resulta na elaboração do proto-modelo¹⁰;
- ii. *expressão* é a etapa na qual o estudante seleciona os modos de representação (tridimensional, gestual, simbólico, verbal, bidimensional, este último podendo ser virtual) para expressar seu proto-modelo. Simultaneamente ou imediatamente após a seleção de um ou mais modos de representação, o estudante define os códigos de representação, isto é, o significado de cada detalhe. Por exemplo, se o modo de representação selecionado for um desenho (bidimensional), é necessário que sejam definidos, por exemplo, os significados de cada tipo de linha ou cor. Ao longo dessa etapa, o estudante deve estar atento com relação às adequações necessárias na transição do proto-modelo (interno, construído na etapa de *criação*) para o modelo expresso (externo, elaborado nesta etapa), considerando as limitações de diferentes modos de representação, assim como o acesso a recursos necessários para a utilização de cada um deles. Portanto, o modelo expresso pode não ser exatamente igual ao proto-modelo elaborado;
- iii. *teste* é a etapa na qual é realizada a verificação sobre a adequação do modelo aos objetivos para os quais o mesmo foi elaborado. Os testes podem ser

¹⁰ Proto-modelo corresponde ao que é geralmente chamado de modelo mental, isto é, um modelo inicial produzido internamente por um indivíduo, estando sozinho ou em grupo. Por estar na mente do sujeito, essa representação é inacessível.

empíricos e/ou mentais dependendo, principalmente, do tema do modelo e dos recursos disponíveis. Esta também é uma etapa em que o estudante tenta convencer os demais estudantes de que seu modelo é mais adequado para explicar, por exemplo, os resultados previstos, observados e/ou obtidos durante a realização dos testes, sejam eles empíricos e/ou mentais. Caso o modelo não atenda aos objetivos para os quais foi elaborado, o mesmo pode ser modificado ou rejeitado. Quando o modelo é rejeitado, é necessário reiniciar o processo de modelagem. Porém, o processo tende a ser mais rápido do que o anterior, visto que o estudante já compreende os objetivos, bem como as falhas de seu modelo com relação aos mesmos e tem outras informações (obtidas nos testes); e

- iv. *avaliação* é a etapa na qual se realiza a verificação da abrangência e das limitações do modelo elaborado pelo estudante. Isto é feito a partir da aplicação do modelo elaborado em outra situação. Esta também é uma etapa em que o estudante tenta convencer os demais estudantes de que seu modelo é mais abrangente, por conseguir explicar, por exemplo, mais aspectos envolvidos na nova situação.

Gilbert e Justi (2016) explicam, ainda, que escolheram o tetraedro para representar o processo de modelagem (figura 2.2), em virtude de esta ser uma forma geométrica que apresenta quatro vértices equidistantes uns dos outros. Assim, tal forma geométrica pode ser rodada sem alterar as relações entre os vértices. Além disso, o tetraedro consegue representar que as etapas do processo de modelagem não apresentam nenhuma ordem específica para que ocorram. Por exemplo, um proto-modelo pode ser testado mentalmente antes mesmo de ser expresso, assim como um modelo pode ser testado e avaliado simultaneamente. Portanto, tal forma geométrica enfatiza que o processo é cíclico, não linear, não predeterminado e, conseqüentemente, complexo e dinâmico.

Outro aspecto observado na figura 2.2 é a representação de uma corda feita por quatro fios de cores diferentes. Cada um dos fios e sua respectiva cor representam processos cognitivos envolvidos em todas as etapas do processo de modelagem, sendo eles: (i) *criação de representações imagísticas*; (ii) *realização de experimentos mentais*; (iii) *uso de raciocínio analógico* (NERSESIAN, 1999); e (iv) *argumentação*. Em relação

a este último processo, a literatura exhibe uma controvérsia, uma vez que para autores como Campbell (2015) a argumentação está presente apenas nas duas últimas etapas – *teste e avaliação*. Em contrapartida, Gilbert e Justi (2016) defendem que a argumentação é inerente a todo o processo de modelagem, uma vez que todas as etapas podem envolver relações interpessoais, além da argumentação intrapessoal (como, por exemplo, na construção do proto-modelo).

Segundo Gilbert e Justi (2016), o desempenho do estudante, bem como todas as decisões necessárias a serem tomadas por ele frente a cada subetapa do processo de modelagem (isto é, definição e/ou compreensão dos objetivos, obtenção de informações e seleção de base para construção do proto-modelo; seleção de modos de representação e adequação do proto-modelo interno com relação ao externo; realização de testes empíricos e/ou mentais para verificar a adequação do modelo com relação aos objetivos; verificação da abrangência e das limitações do modelo elaborado em outras situações diferentes; e persuasão dos demais estudantes com relação à adequação e/ou abrangência de seu modelo frente aos testes e/ou avaliação), são orientadas principalmente pelos quatro processos cognitivos. Isto porque:

- i. *criação de representações imagísticas* está diretamente relacionada não apenas à fase de transição do proto-modelo (construído na etapa de *criação*) para o modelo expresso (elaborado na etapa de *expressão*), considerando as limitações encontradas nos modos de representação. De uma maneira geral, são criadas representações internas e externas elaboradas ao longo do processo;
- ii. *realização de experimentos mentais* geralmente ocorre em maior intensidade na etapa de *teste*, mas também pode ocorrer nas demais etapas como, por exemplo, na etapa de *criação*, ao estabelecer relações entre as informações obtidas; na etapa de *expressão*, ao selecionar e analisar a adequação de um ou mais modos de representação para determinada entidade; e na etapa de *avaliação*, ao analisar a abrangência de um modelo em uma situação diferente e tentar convencer os outros do mesmo. A realização de experimentos mentais em todas as etapas do processo se relaciona diretamente à dinamicidade e não linearidade do mesmo;
- iii. *uso de raciocínio analógico* pode se fazer presente ao estabelecer relações entre as informações obtidas; ao selecionar as bases para os proto-modelos; ao

selecionar os modos de representação para expressar os proto-modelos; ao observar e/ou realizar os testes; ao analisar as relações entre o uso de modelos em diferentes situações; e ao convencer os outros sobre a adequação e abrangência dos mesmos; e

- iv. *argumentação* permeia todo o processo de modelagem, uma vez que a discussão entre os estudantes se faz presente em todas as etapas como, por exemplo, ao apresentar as ideias na etapa de *criação*; ao selecionar os modos de representação na etapa de *expressão*, bem como justificar tais escolhas; e ao convencer os outros de que determinado modelo é mais adequado na etapa de *teste* e/ou é mais abrangente na etapa de *avaliação*.

A representação do processo de modelagem (figura 2.2) proposta por Gilbert e Justi (2016) foi pensada a partir da consideração desse processo como uma prática científica e epistêmica, isto é, práticas que constituem os processos científicos e que resultam na produção de conhecimento científico, respectivamente (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; DUSCHL, 2015). Os autores acreditam que tal representação pode contribuir para uma visão de modelagem mais ampla, uma vez que a compreensão da mesma e, conseqüentemente, do processo de modelagem, possibilita ao professor ir além do processo de ensino e aprendizagem apenas de conteúdos científicos exigidos de acordo com o currículo vigente em qualquer nível de ensino, ou seja, possibilita ao professor também ensinar *sobre* Ciências (GILBERT; JUSTI, 2016).

Nesse sentido, assim como Gilbert e Justi (2016) acreditamos que atividades baseadas no Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM), isto é, aquelas que favorecem aos estudantes a vivência de todas as etapas do processo de modelagem, podem contribuir para o ensino e a aprendizagem de conteúdos científicos e *sobre* Ciências. Além disto, é importante considerar que a modelagem pode ocorrer não só em contextos cotidianos e científicos, mas também sociocientíficos, isto é, aqueles nos quais são abordadas questões sociocientíficas (QSC)¹¹. Segundo Zeidler *et al.* (2005), tais

¹¹ Na literatura da área, existem pesquisadores (por exemplo, Santos (2002, 2008), que foi uma referência nacional no movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)) que relacionam à introdução de QSC com o movimento CTS. Entretanto, outros pesquisadores (por exemplo, Zeidler, Sadler, Simmons e Howes (2005), que são referências internacionais na introdução de QSC no ensino) estabelecem uma diferença entre à introdução de QSC e o movimento CTSA, visto que esse último não explicita os aspectos éticos (envolvidos, por exemplo, na tomada de

questões podem ser caracterizadas como problemas contextualizados (que levam em consideração os aspectos ambientais, culturais, econômicos, sociais, éticos, morais, políticos, dentre outros), complexos e controversos, sendo os conceitos científicos fundamentais para a compreensão e a proposição de possíveis soluções para tais problemas. Portanto, a discussão de tais questões pode contribuir não apenas para o engajamento de estudantes, mas também para possibilitar que os mesmos tomem consciência, usem e/ou desenvolvam o pensamento crítico e/ou tomem decisões frente a um problema real. Todavia, pesquisas empíricas devem ser realizadas visando avaliar a abrangência e as limitações do Modelo de Modelagem v.2 (figura 2.2) em contextos sociocientíficos, que só recentemente começaram a receber atenção dos pesquisadores.

Até o momento em que este trabalho é escrito (segundo semestre de 2018), nosso Grupo de Pesquisa propôs atividades baseadas no EFM apenas nos contextos cotidiano e científico, tendo as mesmas sido elaboradas e conduzidas a partir do Modelo de Modelagem v.1 Justi e Gilbert (2002). Portanto, a proposição, elaboração e condução de atividades embasadas no Modelo de Modelagem v.2 Gilbert e Justi (2016) e baseadas no EFM envolvendo contextos sociocientíficos é algo inédito no Grupo e, que seja de nosso conhecimento, na literatura. Além disso, atividades baseadas no EFM envolvendo um contexto cotidiano são utilizadas com o objetivo de ajudar os estudantes a entender o significado de modelos e do processo de modelagem, de maneira lúdica e mais simples se comparada, por exemplo, às atividades baseadas no EFM no contexto científico. Dessa maneira, elas são utilizadas como introdutórias, ou seja, como uma etapa preparatória para o EFM nos outros contextos, sempre que os estudantes não tenham participado de nenhuma atividade de modelagem anteriormente.

Os trabalhos desenvolvidos no Grupo até então envolveram estudantes do Ensino Fundamental II e Médio (Regular e Educação de Jovens e Adultos (EJA)) de escolas particulares e públicas (Estadual e Federal), ou seja, foram sempre conduzidos em situações regulares de ensino. Tais trabalhos tiveram como um de seus principais objetivos o ensino e aprendizagem de conteúdos científicos curriculares, por exemplo:

decisões) e morais (envolvidos, por exemplo, na tomada de consciência e no uso e/ou desenvolvimento do pensamento crítico). Esses autores também afirmam que, em função desta diferença, ao introduzirmos QSC no ensino de Ciências, podemos ter acesso às concepções de estudantes. Isto justifica nossa escolha por enfatizar o papel de QSC no EFM.

- i. equilíbrio químico, quando Maia e Justi (2009) investigaram como atividades baseadas no EFM poderiam contribuir para que estudantes aprendessem os principais aspectos qualitativos relativos ao conteúdo estudado;
- ii. ligação iônica, quando Mendonça e Justi (2009, 2011) investigaram como atividades baseadas no EFM poderiam contribuir para que estudantes aprendessem o conteúdo de ligações iônicas ao utilizar o modelo eletrostático, assim como a contribuição do referencial adotado para proposição, elaboração e condução de tais atividades;
- iii. termoquímica, mais especificamente, a temática relacionada à energia envolvida nas transformações químicas, quando Souza e Justi (2010) investigaram como atividades baseadas no EFM poderiam contribuir para que estudantes aprendessem os principais conceitos relativos ao tema estudado, assim como quando Souza e Justi (2011) investigaram, a partir desse mesmo estudo, a interlocução entre a linguagem utilizada no processo de ensino e aprendizagem; e a construção de conhecimento científico, isto é, a aprendizagem relacionada a temática energia envolvida nas transformações químicas por parte dos estudantes; e
- iv. solubilidade, quando Mozzer (2013) investigou como atividades baseadas no EFM conjugadas ao referencial da Teoria de Campos Conceituais, elaborada pelo psicólogo francês Gérard Vergnaud, poderiam contribuir para o entendimento conceitual do processo de dissolução por parte dos estudantes. Neste último trabalho, diferentemente dos anteriores, os estudantes trabalharam individualmente.

É importante ressaltar que a unidade didática constituída por atividades de modelagem sobre dissolução, elaborada por Mozzer (2013), também foi utilizada após as devidas adaptações com estudantes com deficiências variadas (por exemplo, visual e intelectual). Justi e Mozzer (2011) utilizaram tais atividades para investigar quais eram as relações entre representações externas e internas para um estudante com deficiência visual (cego) e como aquele estudante acessava, entendia e usava os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico para representar o conhecimento científico. Em outro trabalho, Pimenta (2018) relata uma situação de ensino na qual tais atividades foram utilizadas com dois estudantes com deficiência intelectual, com os objetivos de

identificar se, e entender como, tais atividades podiam contribuir para as possibilidades de aprendizagem e desenvolvimento, assim como de identificar e discutir quais indícios de aprendizagem foram manifestados por parte daqueles estudantes. Em ambos os trabalhos, os estudantes estavam cursando o Ensino Médio Regular, sendo que o estudante com deficiência visual estudava em uma escola particular e os estudantes com deficiência intelectual estudavam em uma escola pública. Apesar de tais contextos configurarem situações regulares de ensino, as atividades foram desenvolvidas apenas com estes estudantes e em ambientes diferentes ao da sala de aula.

Além disso, apesar de a maior parte dos trabalhos conduzidos em nosso Grupo apresentarem um caráter descritivo, uma vez que na maioria deles foram elaborados estudos de caso (YIN, 2001) para apresentar seus resultados e subsidiar a análise dos mesmos, muitos deles apresentam um caráter normativo acentuado. Isto porque os pesquisadores se preocuparam em aplicar uma avaliação ao final do processo. Segundo os pesquisadores, as questões que constituíam tais avaliações tinham como objetivo verificar os conhecimentos químicos relacionados à temática estudada, buscando identificar as concepções expressas pelos estudantes após vivenciarem um EFM.

Em nossa pesquisa, além de nos preocuparmos com os aspectos normativos (interesse no resultado do processo de ensino e aprendizagem de conteúdos científicos), também nos preocupamos com os aspectos descritivos (interesse no processo e no contexto em que o mesmo ocorre, isto é, a influência que o contexto pode sofrer e/ou exercer no processo de construção do conhecimento científico) (FRANCO; MUNFORD, 2018). Isto porque, além de acreditarmos que a articulação de tais aspectos pode favorecer uma educação científica mais ampla, também estamos adotando uma visão de modelagem mais ampla que possibilita ao professor ensinar não apenas conteúdos científicos curriculares, mas também ensinar *sobre* Ciências (GILBERT; JUSTI, 2016).

Portanto, o referencial referente a modelos e modelagem adotado em nossa pesquisa para proposição, elaboração e condução de atividades baseadas no EFM em diferentes contextos (cotidiano, científico e sociocientífico), assim como para o estabelecimento de relações em nossa análise de dados obtidos ao longo do processo, foi Gilbert e Justi (2016). Em alguns momentos, também fazemos referência a Justi e Gilbert (2002) e Justi (2006), pois algumas ideias que foram apresentadas nestas

referências permaneceram as mesmas e estão claramente apresentadas nestas mesmas. Entretanto, na referência mais recente algumas ideias mudaram (como, por exemplo, a visão de modelo como artefato epistêmico), enquanto novas ideias e representações foram adicionadas (como a nova representação do processo de modelagem: o Modelo de Modelagem v.2 (figura 2.2); e a caracterização dos processos cognitivos, assim como a justificativa da relevância dos mesmos).

Sabemos que existem outros referenciais – por exemplo, Clement (1989) e Wells, Hestenes e Swackhamer (1995) – com ideias similares às apresentadas por Justi e Gilbert (2002) e Justi (2006). Todavia, as ideias de Justi e Gilbert se diferem das dos demais autores na medida em que os primeiros ampliam o processo de modelagem ao introduzirem, por exemplo, as etapas de *expressão* e *avaliação*, assim como as subetapas nessas e nas demais etapas. Portanto, eles explicitam tanto as relações entre as etapas como entre as subetapas, algo que foi realizado de maneira genérica pelos demais autores. Acreditamos que tal explicitação seja fundamental para que o professor que tenha interesse consiga propor, elaborar e/ou conduzir atividades baseadas no EFM. Tal aspecto também justifica nossa escolha por tal referencial em relação ao processo de modelagem.

Recentemente, Oliva e Aragón-Méndez (2017) se basearam nas ideias de Justi e Gilbert (2002) e Justi (2006) por entenderem que elas constituem um referencial mais amplo se comparado aos demais. Assim como nos trabalhos desenvolvidos em nosso Grupo, os autores também tiveram como um de seus principais objetivos o ensino e aprendizagem de conteúdo científico curricular. Porém, ao invés de analisarem o desempenho de estudantes ao elaborar e usar modelos, Oliva e Aragón-Méndez (2017) analisaram o desempenho de estudantes ao elaborar e usar analogias relacionadas ao conteúdo científico curricular de reações químicas, ao vivenciarem o processo de modelagem. De maneira semelhante, em nosso Grupo, Mozzer e Justi (2018) investigaram as etapas que podem ser usadas para guiar a proposição e o desenvolvimento de atividades de modelagem analógica no ensino de Ciências; e como atividades de modelagem analógica propostas com base em tais etapas contribuíram para que os estudantes vivenciassem os subprocessos do raciocínio analógico. Em ambos os trabalhos, os autores não se preocuparam em aplicar uma avaliação ao final do processo.

Existem também estudos baseados em outros referenciais. Duso, Clement, Pereira e Filho (2013) se basearam na definição de modelo representacional segundo Kneller (1980)¹² e na definição de modelização segundo Bunge (1974)¹³ para analisar uma atividade de construção de modelos para estudo da temática corpo humano. Em outro estudo, Tauceda e Pino (2010) se basearam na definição de modelo mental segundo Johnson-Laird (1983)¹⁴ para analisar a relação entre aprendizagem significativa e utilização de figuras presentes no livro didático com relação ao conteúdo científico curricular ácido desoxirribonucleico (DNA). Entretanto, de acordo com o referencial que nós adotamos em nossa pesquisa, em todos esses estudos, os estudantes vivenciaram apenas as etapas de *criação* e *expressão* de modelos.

Além disso, as ideias de Johnson-Laird (1983) tem recebido críticas que podem ser estendidas às de Kneller (1980), visto que considerar modelos como representações de entidades implica em reconhecer que se conhece determinada entidade ao ponto de ser capaz de identificar o conteúdo de sua representação, bem como a forma representá-la (MORRISON; MORGAN, 1999; KNUUTTILA, 2005; PORTIDES, 2011). Porém, em algumas áreas da Ciência, por exemplo, na Inteligência Artificial, não é possível identificar o conteúdo do que está sendo representado, assim como o que está sendo representado (KNUUTTILA, 2005).

¹² Modelo representacional é caracterizado por Kneller (1980) como uma representação tridimensional de algo.

¹³ Modelização, segundo Bunge (1974) é um processo de elaboração de modelos ou apropriação de modelos já elaborados e aceitos.

¹⁴ Modelo mental, de acordo com Johnson-Laird (1983), é um análogo estrutural, comportamental ou funcional de uma situação (do mundo real ou imaginária), evento, objeto ou processo.

3. QUESTÕES DE PESQUISA

Após tomarmos conhecimento de como os principais referenciais sobre Natureza da Ciência (NdC), e Modelos e Modelagem têm sido abordados na literatura, entendemos ser necessário estabelecer uma relação entre eles.

Como mencionado no capítulo anterior, a Ciência não pode ser caracterizada por uma lista de princípios, assim como a visão de estudantes *sobre* Ciências não pode ser caracterizada por instrumentos baseados em tal lista, visto que a mesma, segundo as críticas apresentadas ao longo do segundo capítulo, é simplista e limitada. Ao contrário, para que os estudantes desenvolvam uma visão mais ampla *sobre* Ciências, isto é, menos ingênua, é essencial que pensemos em abordagens complementares, como defendido por Allchin *et al.* (2014).

Neste sentido, acreditamos que através do Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM) é possível que o estudante desenvolva uma visão mais ampla *sobre* Ciências. Isto porque, o desempenho do estudante e todas as decisões necessárias a serem tomadas por ele em cada etapa do processo de modelagem são orientados principalmente pelos quatro processos cognitivos considerados e representados no Modelo de Modelagem v.2 (figura 2.2). Portanto, assim como Gilbert e Justi (2016), acreditamos que ao vivenciar o processo de modelagem e se engajar em várias práticas científicas como, por exemplo, as relacionadas à investigação, experimentação, validação de resultados e argumentação, o estudante pode adquirir ou desenvolver uma visão de como o cientista constrói o conhecimento científico a partir da elaboração e uso de modelos tomando-os como artefatos epistêmicos. Tal crença se apoia nos resultados obtidos por Maia (2009) ao investigar as habilidades investigativas envolvidas no EFM a partir de entrevistas nas quais as questões se direcionavam às relações que os estudantes conseguiam estabelecer entre os processos que estavam vivenciando e o de construção do conhecimento científico. Tais resultados evidenciam uma ampla compreensão *sobre* Ciências por parte de estudantes que vivenciaram tal ensino.

Assim, considerando a possibilidade de usar abordagens que se complementam para o ensino e aprendizagem *sobre* Ciências e a falta de estudos empíricos na literatura até o momento (final de 2018), buscamos compreender as visões de estudantes *sobre*

Ciências e suas relações com o Ensino Fundamentado em Modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico, ao longo de todo o processo. Isto porque acreditamos que isto vai ao encontro de uma alfabetização científica mais ampla, podendo contribuir para a formação de cidadãos críticos-reflexivos.

Diante das discussões apresentadas sobre as possíveis contribuições do EFM para o desenvolvimento de uma visão menos ingênua *sobre* Ciências por parte de estudantes e tomando como referência o Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências (MoCEC), assim como a falta de estudos empíricos que investiguem a inserção e discussão de aspectos de NdC de maneira contextualizada, explícita e integrada, ao longo de todo o processo, através do EFM, nos propusemos a investigar as seguintes questões de pesquisa:

- i. Quais aspectos de Natureza da Ciência estudantes do Ensino Médio manifestam a partir da vivência de atividades de modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico?
- ii. Como a participação em atividades de modelagem, nos contextos investigados, contribui para que tais estudantes manifestem uma visão mais ampla *sobre* Ciências? Em que extensão isso acontece?

Contudo, ao investigarmos tais questões de pesquisa, sentimos a necessidade de propor uma ferramenta analítica para que as mesmas fossem possíveis de ser respondidas¹⁵. Portanto, além destas, investigamos mais uma questão de pesquisa:

- iii. Como o Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências v.2 pode favorecer a análise de dados coletados em contextos regulares de ensino?

¹⁵ A justificativa para proposição de tal ferramenta será apresentada no próximo capítulo, quando apresentamos toda a metodologia adotada para o desenvolvimento desta pesquisa.

4. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, apresentamos detalhadamente como desenvolvemos esta pesquisa, isto é, os aspectos metodológicos adotados ao longo de todo o processo, bem como a justificativa para a escolha de cada um desses aspectos.

4.1 Abordagem Metodológica

Ao realizar esta pesquisa, nos pautamos em princípios da pesquisa qualitativa na área de Educação, segundo Bogdan e Biklen (1994), tais como:

- i. *o ambiente natural¹⁶ é fonte direta de dados e o pesquisador é o instrumento principal.* Os dados são coletados através de múltiplos procedimentos e do contato direto do pesquisador com determinado ambiente porque ao se separar a ação, a palavra e/ou o gesto de seu local de estudo, tais elementos podem perder seus verdadeiros significados;
- ii. *a investigação é predominantemente descritiva.* Os resultados, geralmente, são constituídos de citações baseadas nos dados para descrever minuciosamente o fenômeno investigado e, a partir disso, a análise é realizada através de pistas que permitam ao pesquisador compreender tal fenômeno;
- iii. *o pesquisador se interessa mais pelo processo do que pelos resultados ou produtos.* O interesse do pesquisador é investigar a ocorrência de determinado fenômeno, por exemplo, como ele se dá e por que ele ocorre, e não o resultado do mesmo;
- iv. *o pesquisador tende a analisar os dados de forma indutiva.* Os dados não são coletados com o objetivo de confirmar determinada hipótese. Dessa maneira, as inferências são estabelecidas à medida que os mesmos são coletados e organizados e, portanto, as teorias são elaboradas simultaneamente e/ou após a coleta de dados e convivência com os sujeitos investigados; e

¹⁶ Ambiente natural é entendido, nesta pesquisa, como ambiente habitual de ocorrência de determinado fenômeno que se tem interesse em investigar. Isto é diferente de um ambiente sem interferências porque o simples fato de o pesquisador se inserir em um ambiente faz com que o mesmo deixe de ser natural, pois passa a sofrer interferência da presença do pesquisador e de seus equipamentos para coleta de dados.

v. *o significado é de importância vital*. O pesquisador está interessado em compreender o fenômeno sob a perspectiva dos sujeitos investigados.

Acreditamos que nosso estudo contempla todos os princípios da pesquisa qualitativa na área de Educação porque, a partir de uma pesquisa empírica, buscamos investigar a relação entre o ensino e a aprendizagem *sobre* Ciências em contextos de Ensino Fundamentado em Modelagem. Para tanto, os dados foram coletados por múltiplos procedimentos de coleta e do contato direto da pesquisadora com o ambiente no qual o fenômeno investigado ocorreu. Além disto, os dados coletados foram apresentados, predominantemente, de maneira descritiva, a partir de transcrições de falas dos sujeitos investigados e foram analisados de maneira que o fenômeno pudesse ser compreendido sob a perspectiva dos sujeitos investigados. Tais princípios permeiam a apresentação e justificativa de todas as informações ao longo desse capítulo.

4.2 Contexto da Pesquisa

A presente pesquisa faz parte de um projeto de pesquisa mais amplo, denominado “Contribuições do Ensino Fundamentado em Modelagem para a Aprendizagem sobre Ciências, o Desenvolvimento do Raciocínio Argumentativo de Estudantes e o Desenvolvimento de Conhecimentos e Habilidades Docentes”, do Grupo de Pesquisa REAGIR – Modelagem e Educação em Ciências, coordenado pela Professora Doutora Rosária Justi e do qual faço parte. Nossa pesquisa investigou as contribuições do EFM para a aprendizagem *sobre* Ciências, visto que outros pesquisadores do grupo investigariam os demais focos. Tal projeto foi submetido ao Comitê de Ética e seu parecer de aprovação tem o código CAAE: 66805717.8.0000.5149.

4.3 Sujeitos da Pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida ao longo do 2º semestre de 2017 em uma escola pública da rede estadual da Região Metropolitana de Belo Horizonte, especificamente em duas turmas do 3º ano do Ensino Médio Regular. Cada turma era composta por 40 estudantes, todos na faixa etária de 17-19 anos. Os dados foram coletados em uma escola pública e da rede Estadual por acreditarmos que, nessas condições, os mesmos poderiam ser representativos em situações regulares de ensino. Além disto, eles foram coletados em duas turmas pois a professora lecionava para ambas e seria inviável para

a mesma (e não ético) ensinar de maneira diferente em uma delas. Escolhemos estudantes do 3º ano devido à temática das atividades (plásticos) e aos pré-requisitos necessários para o desenvolvimento das mesmas. A temática plásticos foi escolhida por ser algo presente na vida dos estudantes (isto é, favorecer a contextualização do ensino de tópicos de Química Orgânica – tópico este previsto para ser desenvolvido ao longo do 3º ano) e pelo fato de os plásticos estarem envolvidos em relevantes problemas ambientais.

A professora é licenciada em Química, especialista em Ensino de Ciências e mestre em Educação pelo Programa de Pós-Graduação: Conhecimento e Inclusão Social em Educação da Faculdade de Educação, sendo todos os cursos realizados na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Ela também é uma das integrantes do Grupo de Pesquisa REAGIR – Modelagem e Educação em Ciências. A escolha desta professora se justifica principalmente por ela possuir conhecimentos sobre Natureza da Ciência e Modelagem, o que é fundamental para que as unidades didáticas baseadas no EFM sejam conduzidas adequadamente e pelo fato de a escola pública em que ela trabalha ser aberta à realização de pesquisas. Finalmente, a professora é bastante experiente, sendo que na época da coleta dos dados, ela atuava naquela escola há 18 anos. Ela tinha experiências anteriores em conduzir atividades de modelagem, mas não nas turmas que participaram de nosso estudo. Portanto, tais estudantes não tinham experiências prévias com atividades de modelagem.

Essa pesquisa foi conduzida por três pesquisadoras que possuíam formações, experiências e objetivos específicos diferentes. Porém, todas elas tinham um mesmo objetivo geral: contribuir de alguma maneira com o projeto de pesquisa mais amplo do Grupo. Uma das pesquisadoras estava no final da Graduação e era bolsista de Iniciação Científica. Seu projeto se intitulava “Contribuições do Ensino Fundamentado em Modelagem para a Aprendizagem de um Tema Abordado Científica e Sociocientificamente” e ela ainda não havia participado de uma coleta de dados. Tal pesquisadora possuía, ainda, experiência como professora particular nas disciplinas Física, Matemática e Química desde 2012. Outra pesquisadora, eu, estava no primeiro ano de Mestrado e já havia participado de quatro programas diferentes de Iniciação à Docência ao longo e após a Graduação. Portanto, já havia participado de coleta de dados, porém em menor escala. Tal pesquisadora também possuía experiência como

professora de Química tanto particular quanto nas redes de ensino Estadual e Federal desde 2012. Por fim, a outra pesquisadora estava no segundo ano de Doutorado, sendo que seu projeto tinha o título “Raciocínio Argumentativo de Alunos de Química do Ensino Médio em Contextos de Ensino Fundamentado em Modelagem”. Ela já havia participado de dois programas diferentes, um de Iniciação Científica e o outro de Iniciação à Docência ao longo da Graduação, assim como concluído o Mestrado. Portanto, já havia participado de coleta de dados similares à que ocorreu nesta pesquisa, isto é, em maior escala. Esta pesquisadora possuía experiência como professora de Química na rede estadual deste 2013. A fim de tornar o texto desta dissertação mais fluido, optamos por utilizar os códigos PQ1, PQ2 e PQ3, respectivamente, para nos referirmos às pesquisadoras.

4.4 Coleta de Dados

Optamos por dividir este tópico em três subtópicos, pois acreditamos que isto favorece compreender cada uma das partes que compõem o processo de coleta de dados, o que pode contribuir para a compreensão do processo como um todo.

4.4.1 Unidades Didáticas

A fim de investigar a relação entre o ensino e aprendizagem *sobre* Ciências a partir do Ensino Fundamentado em Modelagem, um conjunto de atividades de modelagem (apresentadas nos Apêndices), constituído de três unidades didáticas, cuja temática geral era plásticos, foi elaborado anteriormente (ao longo do ano de 2016) pelos integrantes de nosso Grupo de Pesquisa, inclusive pela professora, visto que ela também é uma das integrantes.

Como citado, anteriormente, tal conjunto de atividades foi dividido em três unidades didáticas, sendo elas:

- i. *Modelagem – Contexto Cotidiano* (Atividades 1-3), com o objetivo de ajudar os estudantes a entender o significado de modelos e do processo de modelagem, de maneira lúdica e mais simples se comparada às próximas atividades;
- ii. *Modelagem – Contexto Científico* (Atividades 4-9), com o objetivo de trabalhar conteúdos científicos curriculares como, por exemplo, propriedades dos

materiais, transformações físicas e químicas, ligações químicas e interações intermoleculares, a partir da investigação do comportamento de diferentes objetos plásticos (sacola comum de supermercado, carcaça de TV e pneu) quando submetidos à tentativa de serem dobrados e ao aquecimento; e

- iii. *Modelagem – Contexto Sociocientífico* (Atividades 10-13), com o objetivo de discutir, de maneira contextualizada, o problema do acúmulo de plásticos vivenciado por uma comunidade fictícia, de modo que os estudantes precisassem recorrer aos conhecimentos construídos ao longo das atividades de modelagem desenvolvidas no contexto científico, bem como levar em consideração aspectos sociais, econômicos, ambientais, éticos, entre outros; assim como, reconhecer a complexidade e as possíveis controvérsias que permeiam o problema, para propor possíveis soluções para o mesmo.

Todas as atividades foram elaboradas de maneira a favorecer a participação dos estudantes em todas as etapas e processos cognitivos da modelagem e em discussões *sobre Ciências*. A elaboração dessas atividades se baseou em Gilbert e Justi (2016) e em Justi e Erduran (2015). Foi elaborado também um material para o professor, constituído de:

- i. uma síntese das principais ideias dos referenciais teóricos nos quais nos baseamos;
- ii. lista de pré-requisitos de conteúdo, necessários aos estudantes para participar das atividades;
- iii. texto das atividades acompanhado de explicitação dos objetivos de cada uma delas; e
- iv. algumas orientações importantes para a aplicação das atividades (por exemplo, justificativa para os estudantes trabalharem em grupos, considerações sobre o tempo estimado para a realização de cada atividade, importância de o professor atuar como mediador ao longo do processo, identificação de possíveis modelos que poderiam ser elaborados pelos estudantes, questionamentos que poderiam ser realizados aos estudantes para que eles refletissem se tal modelo era adequado ou não em uma dada situação e sugestões de possíveis *links* para as próximas atividades e/ou modelagens).

Apesar de ter participado da elaboração das atividades, a professora consultou este material, principalmente os comentários sobre discussões de possíveis modelos que poderiam ser elaborados pelos estudantes, durante o processo.

4.4.2 Procedimentos Éticos

Antes de iniciarmos o processo de coleta de dados, realizamos o processo de ambientação ao longo de duas semanas. Neste período, a professora nos apresentou à diretora da escola, assim como aos estudantes das duas turmas na qual a pesquisa foi conduzida. Após às apresentações, as pesquisadoras explicaram os objetivos da pesquisa, assim como entregaram todos os termos (anuência, assentimento e consentimento) necessários para a coleta de dados e divulgação de resultados.

Ainda no período de ambientação, realizamos gravações e filmagens de aulas antes daquelas que seriam efetivamente utilizadas na análise de dados. Esta é uma prática comum em pesquisas na área de Educação e que tem se mostrado muito eficiente em termos de os sujeitos envolvidos se acostumarem com a presença de pesquisadores e equipamentos de gravação e não modificarem seus comportamentos durante as aulas (ou o fazerem com menor intensidade). Além disso, em todas as gravações e filmagens, as pesquisadoras que estavam operando o gravador e/ou a câmera tentaram posicionar os equipamentos de forma a interferir minimamente no desenvolvimento das aulas.

Finalmente, de modo a cumprirmos o compromisso assumido com os sujeitos nos termos (anuência, assentimento e consentimento), nesta dissertação, utilizamos nomes fictícios para identificar os estudantes e nos referimos à professora usando apenas o substantivo professora.

4.4.3 Processo de Coleta de Dados

As atividades de modelagem foram desenvolvidas com os estudantes organizados em 13 grupos¹⁷ de 5-7 integrantes, dada a relevância das interações sociais ao longo do processo de construção do conhecimento científico e da Ciência. Todas as aulas (9 encontros de 100 minutos cada) foram observadas pelas pesquisadoras e registradas em

¹⁷ Sendo 6 grupos de uma turma e 7 grupos da outra turma, uma vez que a coleta de dados foi realizada em duas turmas.

áudio e vídeo. A observação foi utilizada, pois viabiliza contemplar o comportamento espontâneo¹⁸ dos sujeitos durante o processo e os aspectos dos contextos investigados (OLIVEIRA, 2010). Nesta pesquisa, a observação foi realizada de forma participante, visto que as pesquisadoras se incorporaram ao ambiente e tinham total liberdade para realizar intervenções nos grupos e/ou envolvendo toda a turma. Portanto, as mesmas fizeram parte de todo o processo (LÜDKE; ANDRÉ, 2011). O registro em áudio foi feito a partir da utilização de um gravador em cada um dos 13 grupos, visando ter acesso às discussões dos estudantes ao longo do desenvolvimento das atividades. O registro em vídeo foi utilizado por permitir analisar o processo e aspectos que frequentemente não são percebidos pela observação ao vivo e perceber a modificação da qualidade, das características e das particularidades do objeto observado (BELEI *et al.*, 2008). Tais registros, realizados por duas câmeras posicionadas em ângulos distintos de forma a captar as imagens não apenas dos dois grupos selecionados previamente¹⁹ em cada turma, mas também dos demais grupos, também nos permitiram revisitar as situações ocorridas em sala de aula quando necessário para nos certificarmos de que nossas impressões e interpretações dos fatos tenham sido mais fidedignas possível.

Além da observação participante e do registro em áudio e vídeo, foram realizadas notas de campo pelas pesquisadoras, de acordo com a necessidade de cada uma delas, visto que notas de campo são uma forma de registro de suas observações e, conseqüentemente, as mesmas estão atreladas aos seus objetivos (LÜDKE; ANDRÉ, 2011). Os artefatos²⁰ produzidos pelos estudantes foram recolhidos (e, posteriormente,

¹⁸ Consideramos que o comportamento dos sujeitos pode não ser totalmente espontâneo, uma vez que o simples fato de o pesquisador se inserir no ambiente com seus equipamentos para coleta de dados pode gerar interferências no comportamento dos sujeitos. Todavia, ao longo do processo, os sujeitos tendem a se acostumar com a presença do pesquisador e de seus equipamentos, resultando em seus comportamentos tenderem a ser espontâneos.

¹⁹ O principal critério de escolha dos quatro grupos, com base nas observações das pesquisadoras e da professora e nas informações contidas nos áudios que foram escutados pelas pesquisadoras logo após o primeiro dia de coleta de dados, foi o engajamento dos estudantes. Sabíamos que corríamos o risco em realizar tal escolha previamente, porém como se tratava de uma coleta de dados na qual as pesquisadoras realizariam uma observação participante, ou seja, fariam intervenções, não poderíamos esperar o tempo passar para identificar qual grupo de estudantes seria o mais engajado ao longo de todo o processo.

²⁰ Artefato é entendido, nesta pesquisa, como um produto obtido. Os exemplos mais frequentes foram os registros por escrito das atividades e os modelos – desenhados e/ou concretos – feitos pelos estudantes durante as atividades.

digitalizados e/ou fotografados), uma vez que a análise dos mesmos poderia ser útil para a compreensão do processo como um todo (ALVES-MAZZOTTI; GEWANDSZNAJDER, 1999). Por fim, foram realizadas algumas intervenções (questionamentos específicos) com o objetivo de favorecer a manifestação das ideias dos estudantes (e não direcionar a inserção e discussão de aspectos específicos de Natureza da Ciência), ou seja, para favorecer maior acesso às ideias dos mesmos quando, durante as aulas, elas não foram devidamente explicitadas para a interpretação no contexto da pesquisa. Essas intervenções foram processuais, ou seja, aconteceram ao longo das aulas (como explicitado no estudo de caso, apresentado no próximo capítulo) e foram favorecidas devido às pesquisadoras terem realizado uma observação participante (YIN, 2001). Elas também contribuíram na validação das análises.

4.5 Análise de Dados

Assim como no tópico anterior, optamos por dividir este tópico em quatro subtópicos, pois acreditamos que ao compreender cada uma das partes que compõe o processo de análise de dados, o leitor poderá visualizar e entender o processo como um todo mais facilmente.

4.5.1 Ferramenta Analítica

Após a coleta de dados e antes mesmo do processo de tratamento de dados, diante das dificuldades encontradas por Lima (2017) ao utilizar o Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências (MoCEC) proposto por Justi e Erduran (2015), sentimos a necessidade de propor uma ferramenta para analisar dados como os nossos, isto é, coletados em um contexto regular de ensino. Lima (2017) buscou avaliar o conhecimento de conteúdo de licenciandos em Química por meio de atividades e discussões explícitas que envolviam controvérsias históricas. Para analisar os dados coletados (em encontros semanais) em um programa de Iniciação à Docência de uma universidade pública, a autora utilizou o MoCEC da maneira como proposto por Justi e Erduran (2015) e deparou-se com dificuldades para reconhecer os limites e os alcances de cada área.

Por isto, realizamos leituras sobre cada uma das áreas presentes e representadas no MoCEC. Iniciamos pela área de Filosofia da Ciência porque, para caracterizá-la, era

necessário buscarmos saber mais sobre a relação entre Ciência e Filosofia. Nessa busca, encontramos que a Ciência ocidental teve início com os filósofos da Grécia Antiga. A história nos relata que inicialmente a Ciência era uma parte da Filosofia, mas que depois ela se estabeleceu como uma área específica. O mesmo ocorreu com outras áreas ou disciplinas²¹, por exemplo, Geometria, Física, Biologia, Psicologia, Lógica, entre outras (ROSENBERG, 2005).

Entretanto, áreas que se separaram da Filosofia deixaram para a mesma questões que não podem responder. Por exemplo, o fato de a Matemática trabalhar com números não quer dizer que a mesma consiga responder à pergunta *o que é o número?*. Quando se pergunta sobre o significado de *número*, não estamos nos referindo ao significado de cada numeral que o representa, por exemplo, 2. Neste caso, trata-se de uma pergunta mais ampla, que a própria Matemática não responde e não busca responder (ROSENBERG, 2005).

Portanto, nessa perspectiva, é notório que a Filosofia é indispensável à Ciência, uma vez que a mesma pode contribuir na compreensão das outras áreas, por nos possibilitar um olhar mais amplo (“filosófico”) sobre cada uma delas. O contrário também é verdadeiro, ou seja, a Ciência também é indispensável à Filosofia, haja vista que não existe uma definição consensual para a área de Filosofia da Ciência porque a Filosofia também não a tem. O que podemos afirmar é que a relação entre as demais áreas e a Filosofia é tão próxima que a Filosofia da Ciência é uma área de interesse tanto dos filósofos quanto dos cientistas. Em suma, de acordo com Rosenberg (2005), questões *sobre* Ciências, limites e alcances, são questões que tanto cientistas quanto filósofos podem contribuir para responder. Ainda de acordo com o autor, “A reflexão sobre a forma como os resultados científicos contemporâneos e as teorias influenciam a Filosofia mostra que cada um é indispensável para entender o outro.” (ROSENBERG, 2005, p. 1, tradução nossa). Portanto, nessa perspectiva, a área Filosofia é um pré-requisito fundamental para a compreensão das outras áreas, por exemplo, Filosofia da

²¹ Entendemos como áreas algo mais amplo, por exemplo, Ciências – Filosofia, Psicologia, Antropologia, Sociologia, Economia, História, entre outras. Por outro lado, disciplinas seriam mais específicas, por exemplo, parte de uma área – Química, Física, Biologia, Matemática, entre outras. É importante destacar que uma área também pode ser considerada uma disciplina dependendo do contexto.

Ciência, Psicologia da Ciência, Antropologia da Ciência, Sociologia da Ciência, Economia da Ciência, História da Ciência, entre outras.

De acordo com essa perspectiva, entendemos que Filosofia é uma área heterogênea e, como tal, difícil de ser caracterizada. Porém seus aspectos podem estar presentes (explícita ou implicitamente) em todas as outras áreas, ou seja, a Filosofia dialoga com as demais áreas. Nesse sentido, propusemos mudanças no MoCEC, proposto por Justi e Erduran (2015), com o objetivo de que, além de ser um suporte para professores no planejamento de situações de ensino mais autênticas, ele se tornasse uma ferramenta de análise de dados. Tais mudanças se alicerçaram no que estamos entendendo por Filosofia, ou seja, que a mesma além de área (Filosofia da Ciência) é também uma “base” (Filosofia) para as demais áreas.

Após a definição da Filosofia como “base” além de área, assim como a especificação da mesma, fizemos o mesmo para as demais áreas, isto é, realizamos leituras e especificamos o que cada uma se propõe a estudar. Para isso, consultamos bibliografias específicas como, por exemplo, na área de Psicologia: Shadish, Houts, Gholson e Neimeyer (1989); Shadish, Fuller e Gorman (1994); Feist e Gorman (1998); Osbeck, Nersessian, Malone, e Newstetter (2011); e Feist (2012); na área de Cognição: Giere (1992, 1998, 2002); Dunbar e Blanchette (2001); e Dunbar (2002); na área de Antropologia: Marcus e Fischer (1986); Pickering (1995); Knorr-Cetina (1999); e Laraia (2001); na área de Sociologia: Latour e Woolgar (1986); Latour (1987); Cunningham e Helms (1998); e Allchin (2004); na área de Economia: Diamond Jr (1996, 2008); Erduran e Mugaloglu (2013); Irzik (2013); Knuuttila (2013); e Vermeir (2013); e na área de História não usamos uma bibliografia específica, visto que já possuíamos uma vasta leitura se comparada à das demais áreas.

Depois de realizarmos algumas leituras relacionadas às áreas de Psicologia e Cognição, sentimos a necessidade de integrar tais áreas, uma vez que passamos a entender Cognição como uma subdivisão da Psicologia. Portanto, consideramos que dificilmente conseguiríamos separar os processos mentais do comportamento do indivíduo. Além disto, pensando na proposição de uma ferramenta de análise, essa integração a torna mais funcional.

Além das mudanças relacionadas às áreas de Filosofia, Psicologia e Cognição, também sentimos a necessidade de apresentar não apenas a especificidade de cada área, isto é, o que cada área se propõe a estudar, mas também apresentar e detalhar os aspectos²² presentes nas mesmas. Isso porque acreditamos que essa ação facilita o uso do MoCEC para a finalidade proposta pelas autoras (suporte a professores no planejamento de situações de ensino mais autênticas, denominada por nós como primeira função do MoCEC) e para a função proposta neste trabalho (ferramenta de análise de dados, denominada por nós como segunda função do MoCEC). Além disso, acreditamos que trabalhar com aspectos ao invés de somente com áreas contribui para que o MoCEC seja funcional em ambas as funções, uma vez que um mesmo aspecto pode estar presente em mais de uma área.

Todas essas mudanças foram apresentadas e discutidas no Grupo de Pesquisa ao longo de três de nossos encontros quinzenais. Portanto, apesar de a reformulação do MoCEC v.1 (figura 2.1), assim como a proposição da ferramenta analítica (apresentada no próximo capítulo), isto é, da segunda função do modelo, terem sido resultados deste trabalho, ambas contaram com alguma participação de todos os integrantes do nosso Grupo de Pesquisa. Todas as mudanças propostas podem ser visualizadas na representação do MoCEC v.2 (figura 5.1, apresentada no próximo capítulo).

Durante a reformulação do modelo, mais especificamente na proposição dos aspectos, visualizamos outros aspectos além dos que são apresentados no próximo capítulo. Porém, optamos por não incluí-los no MoCEC v.2 por acreditarmos que os mesmos não contribuiriam para subsidiar discussões no contexto da Educação em Ciências.

Além disso, pensamos em uma lógica de ordenação processual para nomear as cápsulas, tomando como referência o sentido horário. Dessa maneira, a Filosofia da Ciência é a primeira e está representada como cápsula, uma vez que se trata de uma área e também está representada como “base” (Filosofia) pelos motivos já apresentados e justificados anteriormente. As demais áreas, de acordo com a analogia estabelecida por Justi e Erduran (2015), também estão representadas como cápsulas. Após a Filosofia,

²² Os aspectos referentes a cada uma das áreas são apresentados no próximo capítulo, uma vez que a ferramenta analítica se constitui no primeiro resultado de nosso trabalho.

optamos por representar, nesta ordem: a Psicologia da Ciência, que possui como foco de estudo o indivíduo; a Antropologia da Ciência, devido ao fato de a mesma estudar a relação do indivíduo com o mundo – mais amplo do que a sociedade; a Sociologia da Ciência, visto que tal área estuda a interação do indivíduo com outros indivíduos em sociedade; a Economia da Ciência, dado que a mesma gerencia/move o indivíduo pensante e que se relaciona com outros indivíduos em sociedade e com o mundo de uma maneira geral; e a História da Ciência, porque é a responsável por registrar e apresentar tudo isso.

Os aspectos propostos foram pensados – assim como o modelo e sua representação de maneira geral – antes de “mergulharmos” nos dados coletados. Isto porque nossa intenção era propor uma ferramenta analítica mais ampla, ou seja, uma ferramenta que possa ser utilizada não apenas nos dados como os que obtivemos, mas também em outros dados coletados em contextos do ensino de Ciências, isto é, não apenas em dados obtidos ao longo do desenvolvimento de atividades de modelagem e em contextos cotidiano, científico e sociocientífico, mas também em atividades de outras naturezas e desenvolvidas em outras disciplinas curriculares e em outros níveis de ensino.

Em relação à nova (segunda) função do MoCEC v.2, isto é, ao seu uso como ferramenta analítica, o mesmo foi pensado, elaborado e proposto para ser utilizado em uma análise de dados em que se busca entender o processo. Isto é, para que a ferramenta analítica seja utilizada de maneira adequada, a unidade de análise não deve ser constituída de dados fragmentados. Mesmo que o analista tenha interesse em utilizar a ferramenta para fragmentos específicos como, por exemplo, transcrição de falas, é necessário que a mesma esteja situada, isto é, inserida no contexto em que a fala foi proferida. Portanto, é fundamental que se saiba o que exatamente aconteceu ou foi falado antes e depois do trecho transcrito que se pretende analisar. Nesse sentido, recomendamos ao analista que decida usar a ferramenta que, primeiramente, descreva seus dados, e que suas transcrições sejam situadas em meio a essa descrição.

Durante o processo de repensar e reelaborar o modelo proposto por Justi e Erduran (2015), substituímos o termo perspectiva(s) disciplinar(es) por área(s). Isso porque, ao utilizar o modelo como suporte no planejamento de situações de ensino

mais autênticas, o professor de Ciências poderá apresentar e discutir com seus estudantes aspectos de determinada(s) área(s) e não a(s) disciplina(s) em si. Por exemplo, um professor de Química pode planejar uma atividade que envolva situações argumentativas em torno da seguinte questão: *a mercantilização e comercialização do conhecimento científico mudou a natureza e a maneira como o mesmo é produzido?* Tal questão favorece ao professor apresentar e discutir alguns aspectos econômicos – propostos e apresentados na área de Economia da Ciência – o que é diferente de apresentar e discutir a disciplina de Economia da Ciência ou Economia. Outros aspectos, além dos econômicos, podem ser discutidos como, por exemplo, os aspectos filosóficos relacionados à natureza do conhecimento científico e da Ciência, bem como os psicológicos e os sociológicos relacionados à maneira como o conhecido científico é produzido e utilizado, entre outros. A quantidade de áreas e aspectos que podem ser discutidos vai depender da atividade e das informações contidas na mesma, bem como das ideias prévias que os estudantes podem expressar e das ideias que o professor pode apresentar ou que o estudante pode pesquisar. Em suma, isto depende do objetivo do professor ao propor tal atividade.

Ao propormos os aspectos presentes em cada uma das áreas, também percebemos a possibilidade de extensão da analogia à London Eye. De acordo com Justi e Erduran (2015), a Ciência pode ser visualizada a partir de uma única cápsula ou de várias ao mesmo tempo. Na representação do MoCEC v.2, a Ciência continua podendo ser visualizada a partir de uma única cápsula – que representa uma área – ou de várias ao mesmo tempo. Mas, além disto, ela pode ser visualizada a partir da integração da base (Filosofia) com uma ou mais cápsulas (áreas).

Ainda de acordo com Justi e Erduran (2015) tal visão pode ser diferente dependendo da posição que a pessoa ocupa dentro da cápsula, de se ela se movimenta ou não, e da quantidade de pessoas dentro da cápsula – o que representa os diferentes referenciais adotados para inserir e discutir cada perspectiva disciplinar. Novamente ao retomar a representação do MoCEC v.2, percebemos a possibilidade de extensão da analogia à London Eye no que se refere à posição que a pessoa ocupa dentro da cápsula. Isto é, podemos explicar um mesmo aspecto para diferentes áreas tomando essa posição como referência. Por exemplo, o aspecto influência (por exemplo, motivacional, cultural, social e histórica) aparece para a maioria das áreas que são representadas pelas

cápsulas. Nas cápsulas originais, a pessoa entra para poder visualizar Londres sob vários ângulos. Então, se uma pessoa se posiciona dentro da cápsula em um ângulo específico, ela pode visualizar Londres sob a perspectiva de tal ângulo. Voltando ao domínio da analogia, tal pessoa poderia visualizar a Ciência sob a perspectiva da área representada pela cápsula na qual ela estaria e sob o ângulo no qual ela estaria se posicionando dentro daquela cápsula (por exemplo, sob a perspectiva da área de História da Ciência e sob o ângulo do aspecto influência histórica).

Essa extensão não pode ser generalizada para todos os aspectos, visto que alguns deles são específicos para determinadas áreas. Isto vai ao encontro do que entendemos por Ciência, ou seja, algo integrado e mais amplo. Entretanto, para que seja possível essa integração é necessário ter clareza da existência de várias Ciências e de que as mesmas possuem características gerais, ou seja, comum às demais Ciências, assim como possuem características específicas a cada uma delas.

Para finalizar, assim como Justi e Erduran (2015) se basearam em Allchin (2011, 2013) para propor o MoCEC v.1, nós também nos baseamos neste autor para propor a reformulação do mesmo – o que resultou no MoCEC v.2. Isto porque, entendemos que a proposta de Allchin (2011, 2013, 2017), apresentada no segundo capítulo, se mostra adequada para introduzir aspectos de Natureza da Ciência de maneira contextualizada, explícita e integrada no ensino de Ciências. Todavia, ao que nos parece, sua proposta não leva em consideração o cientista, mais especificamente o processo vivenciado pelo mesmo ao realizar práticas científicas. Tal consideração foi feita tendo em vista que o foco do autor é na análise dos procedimentos envolvidos nas práticas científicas e/ou na validade do conhecimento produzido a partir delas. Isto se mostra coerente com o conceito de alfabetização científica adotado por ele, uma vez que, segundo Allchin (2014), um estudante pode ser considerado alfabetizado cientificamente quando o mesmo possui a capacidade de avaliar a confiabilidade de afirmações científicas para a tomada de decisões pessoal e social conscientemente. Em linhas gerais, concordamos com o autor. Entretanto, entendemos alfabetização científica como algo mais amplo, isto é, como uma educação científica que objetive a formação de cidadãos críticos-reflexivos. Por este motivo, acreditamos que o MoCEC v.2, desempenhando suas duas funções, pode contribuir para promover uma educação científica mais autêntica.

4.5.2 Processo de Tratamento de Dados

Após a proposição da ferramenta, foi realizado o tratamento de dados. Entretanto, em função do volume de dados coletados ao longo de todo o processo, antes mesmo de iniciarmos o processo de tratamento foi necessário escolher um grupo de estudantes, dentre quatro (sendo dois de cada turma) que haviam sido escolhidos previamente, para tratar os dados apenas deste. Para isso, foi necessário revisitar todas as gravações em vídeo dos quatro grupos e marcar o tempo de início e término das intervenções realizadas pela PQ2 porque eram essas intervenções que nos dariam subsídios para responder nossas questões de pesquisa. Em seguida, foi necessário revisitar todas as gravações em áudio dos quatro grupos e transpor o tempo de início e de término marcado nos vídeos, uma vez que era preciso transcrever as falas da pesquisadora e dos estudantes ao longo das intervenções e a qualidade do áudio dos gravadores era melhor se comparada à do áudio das câmeras. Além disso, as turmas na qual a coleta de dados foi realizada eram compostas por 40 estudantes. Portanto, havia muito barulho e a câmera, que não estava tão próxima dos grupos, não possuía a função de filtrar os ruídos do áudio como o gravador, que estava sobre as bancadas de cada grupo. De posse das transcrições, tivemos elementos que subsidiaram a escolha do grupo cujos dados seriam, posteriormente, tratados e analisados.

Nesta pesquisa, escolhemos os dados de um grupo nomeado Grupo 1 (G1) devido à maior assiduidade de seus integrantes ao longo de todas as aulas. Além disso, outro fator determinante para a escolha de tal grupo foi o fato de o mesmo, dentre os quatro, ser o grupo com o menor número de integrantes. Acreditamos que o fato de o G1 ser o menor grupo contribuiu para que todos os seus integrantes participassem das atividades e discussões. Faziam parte deste grupo os estudantes: Natanael, que possuía laudo de esquizofrenia e de fato foi “incluído” no grupo; Sandra, que era muito tímida e ficou responsável, predominantemente, por realizar os registros por escrito ao longo das aulas; Luíza, que era muito despachada e assumiu a liderança do grupo; Vânia e Daniela, que eram muito comunicativas. Apesar de cada estudante possuir uma característica marcante, todos davam atenção às pesquisadoras e à professora e participavam nos momentos de intervenção. Portanto, acreditamos que seria possível compreender as visões de estudantes *sobre* Ciências do grupo como um todo, uma vez

que o mesmo “funcionou” como tal. Tal afirmação é realizada com base na observação das pesquisadoras e da professora, bem como nos dados coletados ao longo de todo o processo e que são apresentados no estudo de caso (próximo capítulo).

Para organizar os dados e facilitar o processo de análise, foi necessário escutar todos os áudios do grupo escolhido e assistir os vídeos deste grupo quando necessário. Isto aconteceu para simples conferência de alguma fala que, por algum motivo, não tenha ficado clara, ou porque o gravador estava longe de quem estava falando, como acontecia nos momentos de socialização dos modelos propostos pelo grupo para a turma. Isto possibilitou descrever todo o processo e transcrever literalmente as falas dos estudantes, assim como as das pesquisadoras e da professora, quando necessário e de maneira situada ao longo da descrição. Além disso, o registro por escrito das atividades realizadas pelo grupo, os desenhos produzidos pelo grupo, as fotografias dos modelos concretos também produzidos pelo grupo e, quando necessário, as notas de campo redigidas pelas pesquisadoras também foram inseridos de maneira situada ao longo da descrição. A partir do texto da descrição de todo o processo, obtivemos dados concretos para a elaboração do estudo de caso de G1.

4.5.3 Estudo de Caso

Para apresentação dos dados coletados, optamos pela elaboração de um estudo de caso. Isto porque, segundo Yin (2001) estudo de caso é

uma pesquisa empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos (YIN, 2001, p. 32).

Além desta definição, segundo Gil (2009), o delineamento de um estudo de caso possui algumas características essenciais, tais como:

- i. é um *design* de pesquisa, uma forma de apresentar os dados;
- ii. preserva o caráter unitário do fenômeno pesquisado, a unidade de análise é estudada como um todo, podendo ser constituída, por exemplo, de um grupo de estudantes em uma sala de aula – como aconteceu em nossa pesquisa;

- iii. investiga um fenômeno contemporâneo, o objeto de estudo – em nossa pesquisa, as visões de estudantes *sobre* Ciências e suas relações com o Ensino Fundamentado em Modelagem em diferentes contextos;
- iv. não separa o fenômeno do contexto, visto que não é necessário restringir o número de variáveis como acontece em outros tipos de delineamento, por exemplo, no experimento;
- v. é um estudo em profundidade, detalhado; e, por este motivo
- vi. requer a utilização de múltiplos procedimentos de coleta de dados, por exemplo, observação participante, gravação em áudio e vídeo, notas de campo, coleta de artefatos, intervenção, dentre outros. Portanto, um estudo de caso é embasado em múltiplas fontes de evidências, que deverão ser contrastadas para garantir a qualidade das informações apresentadas no mesmo.

Para elaboração de um estudo de caso com as características aqui apresentadas, Robson (2002) sugere algumas formas de organizar a escrita, sendo uma delas a estrutura cronológica. Optamos por adotar esta forma devido à mesma utilizar como princípio organizacional os dados oriundos de múltiplos procedimentos de coleta de dados de maneira a construir uma sequência lógica de eventos.

O delineamento do estudo de caso, segundo Yin (2001), serve a muitos propósitos, uma vez que o mesmo pode ser do tipo:

- i. *exploratório*, indicado para ampliar o conhecimento do pesquisador sobre um fenômeno;
- ii. *descritivo*, indicado para descrever características, por exemplo, de um grupo e/ou um fenômeno; e
- iii. *explicativo*, indicado para responder questões de pesquisa do tipo “como?” e “por que?”.

O tipo de estudo de caso depende das questões de pesquisa que orientam a investigação. Acreditamos que nosso estudo de caso contempla características de todos os tipos, pois ele pode ser considerado *exploratório* quando caracterizamos a visão inicial de estudantes *sobre* Ciências em um momento inicial; *descritivo* quando descrevemos as características de um grupo de estudantes e eventos que envolvem este mesmo grupo em três contextos diferentes (que seriam o fenômeno); e *explicativo*

quando buscamos responder nossa segunda questão de pesquisa: *como a participação em atividades de modelagem, nos contextos investigados, contribui para que tais estudantes manifestem uma visão mais ampla sobre Ciências?*

Dentre as vantagens do estudo de caso, algumas vão ao encontro do que nos propusemos a investigar em nossa pesquisa: o fato de o mesmo enfatizar o contexto em que o fenômeno ocorre e possibilitar a compreensão do fenômeno sob a perspectiva dos integrantes do grupo (nossa unidade de análise). Portanto, o estudo de caso é um delineamento de pesquisa que se preocupa com a subjetividade dos sujeitos participantes da mesma. Além disto, algo imprescindível para nós é o fato de o estudo de caso favorecer a compreensão do processo, ou seja, a compreensão do dinamismo das ideias dos sujeitos participantes. Assim, ele se mostra adequado para a compreensão dos processos de mudança, por exemplo, a mudança das visões de estudantes *sobre Ciências* que buscamos compreender em nossa pesquisa.

A definição de estudo de caso, assim como as características aqui apresentadas, evidencia a natureza holística de estudos de caso, ou seja, a busca por compreender o fenômeno como um todo considerando as partes que o compõem. Isto vai ao encontro de nossa visão *sobre Ciências* e, conseqüentemente, da ferramenta analítica que propusemos para analisar nossos dados. Portanto, acreditamos que a metodologia adotada para apresentar os dados está coerente não apenas com a maneira que analisamos, mas também com toda a nossa pesquisa.

Para a elaboração do estudo de caso de G1, nos baseamos no texto da descrição de todo o processo vivenciado pelo mesmo, assim como no que foi apresentado neste subtópico. Para isso, apresentamos os objetivos de cada modelagem de acordo com seu contexto; os momentos de organização das aulas promovidos, na maioria das vezes pela professora e em alguns momentos pelas pesquisadoras; os objetivos de cada atividade; a participação dos estudantes nas atividades – que engloba o que eles expressaram e/ou vivenciaram ao longo do processo, bem como os resultados obtidos pelos mesmos, isto é, suas respostas e modelos desenhados nas atividades impressas, assim como os modelos concretos produzidos pelos mesmos. Além disso, apresentamos também as intervenções realizadas pela professora e pelas pesquisadoras, bem como as discussões realizadas pela professora durante e/ou após os momentos de socialização,

para toda a turma, dos modelos propostos pelos diferentes grupos ao longo das atividades.

Por fim, também optamos por apresentar as informações de que os estudantes se mostraram tristes devido à aproximação do término da coleta de dados e questionaram a professora sobre uma possível festa de despedida para as pesquisadoras. Apesar de tais informações não serem de fato dados e, portanto, não contribuírem para a análise de dados e, conseqüentemente, discussão dos resultados, acreditamos que elas são importantes, uma vez que nos propusemos a analisar o processo, e as interações entre os sujeitos participantes. Nesse sentido, acreditamos que o fato de os estudantes terem demonstrado tristeza e pensado em uma festa de despedida pode ser tomado como uma evidência do envolvimento dos mesmos no processo.

4.5.4 Processo de Análise de Dados

Para análise dos dados apresentados no estudo de caso, utilizamos como base a ferramenta analítica produzida, MoCEC v.2. Além disso, com o objetivo de otimizar o processo de análise dos dados contidos no estudo de caso, optamos pelo uso do *software* NVivo versão 12 Pro para o sistema operacional *Microsoft Windows*.

O NVivo é considerado o principal *software*²³ para análise qualitativa de dados porque possibilita ao analista trabalhar com dados oriundos de múltiplos procedimentos de coleta de dados, por exemplo: gravação em vídeo das aulas; gravação em áudio das falas de integrantes de um grupo de estudantes ou de intervenções realizadas com os integrantes do grupo durante as aulas; descrição digitalizada das aulas filmadas; transcrição literal digitalizada das falas de estudantes gravadas; notas de campo redigidas e digitalizadas ao longo das observações realizadas na pesquisa; artefatos digitalizados como, por exemplo, atividades registradas por escrito pelos estudantes e desenhos realizados para representar os modelos propostos por eles, ou também, fotos dos modelos concretos propostos por eles.

Neste sentido, o NVivo é um *software* projetado para ajudar ao analista a organizar seus dados de maneira que ele possa consultá-los com facilidade e,

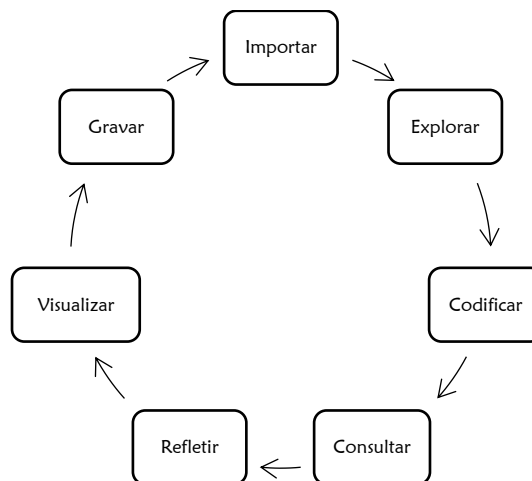
²³ Informação obtida no site <http://www.qsrinternational.com/nvivo-portuguese>.

simultaneamente, analisá-los. O *software* também permite que dados sejam contrastados, uma vez que possibilita ao analista trabalhar com dados oriundos de múltiplos procedimentos de coleta de dados ao mesmo tempo, ou seja, de maneira integrada, o que favorece o estabelecimento de relações entre as múltiplas fontes de evidências.

Além de todas as vantagens apresentadas ao utilizar o NVivo para otimizar o processo de análise dos dados, o *software* apresenta uma interface semelhante à do sistema operacional *Microsoft Windows*. Portanto, o analista que optar por usá-lo possivelmente não terá dificuldades, visto que o referido sistema operacional²⁴ é amplamente conhecido.

O processo de análise de dados é um processo dinâmico e ao optarmos por utilizar o *software* NVivo para realização de tal processo, não seria diferente, como evidenciado na figura 4.1.

Figura 4.1 – Representação do processo dinâmico ao utilizar o *software* NVivo para análise de dados.



Fonte: Adaptada de QSR International, 2013, p. 6.

Inicialmente, é necessário criar um projeto (termo utilizado pelo NVivo), que será o espaço de trabalho do analista, ou seja, a interface na qual ele vai trabalhar com os seus dados. A partir disso, o analista pode seguir os passos apresentados na figura 4.1:

²⁴ Existe também uma versão para o sistema operacional iOS, de computadores MAC, mas que apresenta recursos mais limitados do que a versão para *Windows*.

- i. *importar* suas fontes (termo utilizado pelo NVivo), que seriam os dados oriundos de múltiplos procedimentos de coleta de dados, já citados anteriormente. No nosso caso, importamos o documento *Word* contendo o estudo de caso;
- ii. *explorar* os dados contidos em suas fontes. Este passo nós não fizemos utilizando o NVivo, visto que a licença para utilização do *software* foi adquirida apenas no 2º semestre de 2018, quando os dados já haviam sido tratados manualmente;
- iii. *codificar* seus dados. Este passo geralmente é realizado simultaneamente ao anterior, pois à medida que o analista explora seus dados, ele cria seus nós (termo utilizado pelo NVivo), ou seja, suas categorias, e codifica seus dados. Também é indicado que o analista realize, inicialmente, a codificação de maneira mais ampla e, posteriormente, na medida que a análise avance, a codificação de maneira mais detalhada. No nosso caso, optamos por fazer direto uma codificação mais detalhada porque já tínhamos definido, anteriormente, ao propormos a ferramenta analítica, quais seriam os nós, ou seja, as categorias utilizadas para a análise. No nosso caso, as categorias são os aspectos relacionados a cada uma das áreas de conhecimento que podem aparecer em três contextos diferentes;
- iv. *consultar* os dados codificados. Este passo possibilita ao analista consultar em todas as suas fontes se existem informações a serem codificadas para determinado nó. Este passo nós também não fizemos, visto que importamos para o NVivo apenas o documento *Word* contendo nosso estudo de caso;
- v. *refletir* sobre os dados codificados. Este passo possibilita ao analista entrar nos nós criados e consultar se as informações arrastadas para dentro de determinado nó realmente se relacionam ou não com ele, ou seja, além de refletir, o analista também revisa a categorização;
- vi. *visualizar* os dados codificados. Este passo possibilita ao analista visualizar seus dados de diversas maneiras (por exemplo, listras de codificação, densidade de codificação, nuvem de palavras, gráficos variados, entre outras) após a codificação dos dados. O fato de o NVivo gerar tais listras de codificação e, conseqüentemente, a densidade de codificação foi algo que inicialmente

despertou nosso interesse por utilizar o *software*, pois com estes recursos podemos representar uma espécie de *continuum*²⁵ dos nossos dados. A nosso ver, isto contribui para analisar o processo e responder parte de uma de nossas questões de pesquisa relacionada à extensão em que ocorre o fenômeno observado (pois ao mostrar os aspectos se sobrepondo, isto é, a integração de aspectos e de áreas, conseguimos mostrar a extensão em que a visão de um grupo de estudantes *sobre* Ciências se ampliou, bem como a complexidade da mesma); e

- vii. *gravar* os dados codificados. Este passo se refere não apenas a gravar seus dados codificados, que é algo que o analista deve fazer a todo momento, mas também a registrar seus pensamentos a qualquer momento. O NVivo possibilita ao analista fazer comentários sobre tudo o que ele faz em seu projeto.

Algo importante a se destacar sobre o uso do NVivo para realizar o processo de análise de dados é que o *software* não faz a análise para o analista. O que ele faz é otimizar o processo, como explicitado anteriormente. Portanto, ele não substitui o conhecimento que o analista deve ter para realizar tal processo.

Para sermos capazes de utilizar *software* NVivo versão 12 Pro para o sistema operacional *Microsoft Windows*, participamos de um curso *online* ofertado pela *Software Shop*, com carga horária total de 6 horas e de um curso presencial ofertado pela Meios – Empresa Júnior de Ciências Sociais da UFMG, com carga horária total de 20 horas. Além disto, lemos o manual de introdução e assistimos vídeos²⁶ do tutorial de introdução ao NVivo 12, ambos no início do 2º semestre de 2018, antes de iniciar o processo de análise dos dados. Tal investimento de tempo se mostrou proveitoso, uma vez que o processo de utilização do *software* transcorreu tranquilamente.

Para a análise propriamente dita, os nós criados se constituíram de cada contexto de EFM (nós primários, apresentados em fonte sublinhada), área da Ciência (nós

²⁵ Estamos adotando como *continuum* a representação de uma série de acontecimentos sequenciais e ininterruptos, fazendo com que haja uma continuidade entre o ponto inicial e o final.

²⁶ Vídeos disponibilizados no site <https://www.qsrinternational.com/nvivo/nvivo-12-tutorial-windows/00-let-s-get-started/portuguese>.

secundários, apresentados em fonte regular) e aspectos de cada área (nós terciários, apresentados em itálico) presentes em nossa ferramenta analítica²⁷:

Modelagem – Contexto Cotidiano

Modelagem – Contexto Científico

Modelagem – Contexto Sociocientífico

Área – Filosofia da Ciência

Aspectos – Epistemologia E e P²⁸

Aspectos – Lógica E e P

Área – Psicologia da Ciência

Aspecto – Complexidade E e P

Aspecto – Criatividade E e P

Aspecto – Habilidade de expressão E e P

Aspecto – Influência motivacional E e P

Aspecto – Inteligência E e P

Aspecto – Não linearidade dos pensamentos E e P

Aspecto – Objetividade E e P

Aspecto – Personalidade E e P

Aspecto – Provisoriedade das ideias E e P

Aspecto – Racionalidade E e P

Aspecto – Subjetividade E e P

²⁷ Os aspectos apresentados nesta lista são caracterizados no próximo capítulo.

²⁸ Adotamos as letras E e P para diferenciar as falas dos estudantes (E) das falas da professora e das pesquisadoras (todas identificadas por P nos registros do *software* NVivo). Portanto, as categorias terciárias foram criadas em duplicidade. Isto porque acreditávamos que, dessa maneira, poderíamos mostrar o que foi manifestado pelos estudantes, pela professora e pelas pesquisadoras.

Área – Antropologia da Ciência

Aspecto – Incomensurabilidade E e P

Aspecto – Influência cultural E e P

Área – Sociologia da Ciência

Aspecto – Aceitabilidade E e P

Aspecto – Credibilidade E e P

Aspecto – Falibilidade E e P

Aspecto – Incerteza E e P

Aspecto – Influência social E e P

Aspecto – Interações entre cientistas E e P

Área – Economia da Ciência

Aspecto – Acesso ao conhecimento E e P

Aspecto – Aplicabilidade E e P

Aspecto – Competitividade E e P

Aspecto – Fontes de financiamento E e P

Aspecto – Investimento econômico E e P

Aspecto – Produtividade E e P

Aspecto – Publicidade E e P

Aspecto – Viabilidade E e P

Área – História da Ciência

Aspecto – Influência histórica E e P

Aspecto – Multiplicidade E e P

Aspecto – Não linearidade E e P

Aspecto – Progressividade E e P

Aspecto – Provisoriedade E e P

Portanto, cada uma das três categorias primárias inclui as seis categorias secundárias, assim como todas as categorias terciárias associadas a cada uma delas.

Após a criação dos nós, codificamos as informações contidas no estudo de caso, selecionando-as e arrastando-as para o nó ao qual ela se relacionava, ou seja, para a categoria terciária (mais detalhada) associada à categoria secundária que, por sua vez, estava incluída na categoria primária. Para isso, em uma primeira versão da análise, selecionamos e arrastamos para determinada categoria terciária toda e qualquer informação que se relacionava com a mesma de acordo com a sua descrição.

Em uma segunda versão da análise, revisitamos cada uma dessas categorias e refinamos a análise no sentido de deixar naquela categoria apenas as informações que, de fato, se relacionavam com a mesma da maneira mais explícita possível, retirando, por exemplo, informações que se relacionavam apenas a conteúdo científico curricular.

Com o objetivo de refinar ainda mais a análise, em uma terceira versão, identificamos o modo como as informações codificadas foram manifestadas, isto é, se foram expressas pelos estudantes ou vivenciadas por eles ao longo do processo. Portanto, nesta pesquisa, o verbo manifestar – presente em nossas questões de pesquisa – assume duplo sentido: expressar e vivenciar. Tal consideração se mostra coerente com a nossa pesquisa porque ao participarem de atividades de modelagem nos diferentes contextos, os estudantes vivenciaram diversas práticas científicas e, portanto, realizaram processos análogos aos vivenciados por cientistas.

Em seguida, a análise foi validada por triangulação entre juízes (eu e minha orientadora), ou seja, realizamos o passo de reflexão sobre os dados codificados. Por fim, visualizamos e escolhemos apresentar, relacionar e discutir os dados codificados por meio de listras e densidade de codificação geradas pelo *software* NVivo e gráficos elaborados no *Excel* com base nos dados codificados no NVivo.

5. RESULTADOS

Optamos por dividir este capítulo em duas partes uma vez que, ao longo do processo, obtivemos resultados de natureza diferente. O primeiro deles é de natureza teórica e resultou na proposição de uma ferramenta para analisar dados como os nossos, enquanto o segundo é de natureza empírica e resultou na elaboração de um estudo de caso para apresentar nossos dados.

5.1 Ferramenta Analítica

Esta ferramenta foi proposta após tomarmos conhecimento das dificuldades de reconhecer os limites e os alcances de cada área, encontrada por Lima (2017) ao utilizar o Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências (MoCEC) da maneira como proposto por Justi e Erduran (2015) para analisar os dados de seu trabalho.

Como discutido anteriormente, a ferramenta analítica foi elaborada a partir do MoCEC, isto é, considerando as diferentes áreas do conhecimento e especificando não apenas as áreas, mas também cada um de seus aspectos constituintes. Portanto, tais aspectos são utilizados como categorias bem definidas na análise de dados.

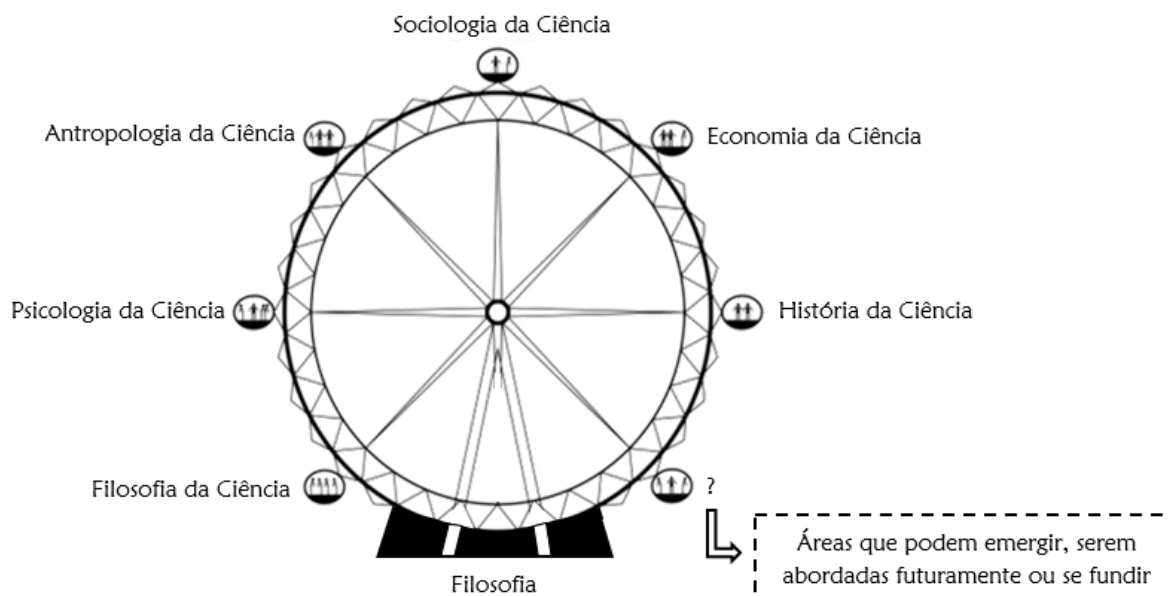
A proposição destes aspectos, assim como a especificação dos mesmos e de suas respectivas áreas resultou no que foi denominado por nós como segunda versão do modelo, identificada como MoCEC v.2 (figura 5.1)²⁹.

A figura 5.1 evidencia que, além de a Filosofia ter se tornado também uma “base” e a Cognição ter se fundido com a Psicologia da Ciência, ampliamos o significado do Ponto de Interrogação³⁰ apresentado na versão original (figura 2.1). Dessa maneira, além de representar as áreas que podem emergir ou serem abordadas futuramente, o Ponto de Interrogação também pode representar as áreas que podem se fundir, evidenciando assim a provisoriedade da representação e sua consequente abertura para modificações.

²⁹ Destacamos que tal representação ainda se trata de um protótipo e, portanto, não só pode, como, provavelmente deve, sofrer alterações a partir de discussões com outros pesquisadores, como os membros constituintes da banca examinadora desta dissertação.

³⁰ Optamos por escrever Ponto de Interrogação com as iniciais maiúsculas por entender que o mesmo pode vir a representar uma área da Ciência.

Figura 5.1 – Visão da Ciência: Representação do MoCEC v.2.



Fonte: Autoria nossa.

A seguir, apresentamos a especificidade de cada área, a partir de uma síntese de o que cada área se propõe a estudar, assim como a descrição de seus respectivos aspectos.

Filosofia da Ciência

É uma área que estuda o significado da Ciência e seus aspectos *epistemologia* e *lógica*. Dessa maneira, as principais contribuições da Filosofia da Ciência para a Educação em Ciências são questões especificamente, mas não exclusivamente, discutidas pelos filósofos. Essas questões podem ser relacionadas à origem, aos objetivos e à natureza das áreas; aos valores éticos e morais presentes em cada uma; aos critérios para construção do conhecimento científico em cada uma das áreas, considerando o necessário rigor metodológico. Tais questões podem também se relacionar aos processos de construção do conhecimento científico para cada uma das áreas, tais como: elaboração, comunicação, avaliação, revisão e validação; e práticas científicas utilizadas em cada umas das áreas, tais como: investigação, observação, experimentação, análise de dados, modelagem, argumentação, entre outras.

O estudo da Filosofia da Ciência abrange o processo de construção do conhecimento científico e da Ciência, assim como alguns de seus aspectos:

- i. *Epistemologia*: a Filosofia da Ciência pode apresentar uma reflexão do todo, ou seja, em torno da natureza, objetivos, valores, critérios, processos e práticas científicas. Portanto é uma área que possibilita uma reflexão dos limites e dos alcances relacionados à construção da própria Ciência; e
- ii. *Lógica*: a Filosofia da Ciência pode discutir a maneira de pensar e os raciocínios relacionados à construção do conhecimento científico.

É importante destacar que, assim como a área de Filosofia da Ciência é a mais ampla se comparada às demais, seus aspectos também o são. Por isso, para se ter um olhar distanciado sobre os caminhos percorridos durante o processo de construção do conhecimento científico, faz-se necessário desenvolver um “olhar filosófico”. Portanto, como mencionado no capítulo anterior, esses aspectos podem ser observados de forma explícita ou implícita nas demais áreas, visto que a Filosofia se apresenta como uma “base” para as mesmas.

Psicologia da Ciência

É uma área que estuda os processos mentais e o comportamento do indivíduo³¹, no caso o cientista, durante os processos de produção e uso do conhecimento científico. Pensando especificamente nos processos mentais, estes seriam estudados na perspectiva da Psicologia Cognitiva, visto que esta é uma área que estuda os processos de aquisição de conhecimento, isto é, como o cientista pensa durante os processos de produção e uso do conhecimento científico. Portanto, entendemos que dificilmente conseguiríamos separar os processos mentais do comportamento do indivíduo. Por esse motivo, diferentemente de Justi e Erduran (2015), optamos por incluir, nesta área, aspectos relativos à Cognição.

O estudo da Psicologia da Ciência abrange os processos de produção e uso do conhecimento científico, assim como alguns de seus aspectos:

- i. *Complexidade*: a Psicologia da Ciência pode discutir como o cientista pode ter dificuldades para compreender determinado conhecimento científico devido à sua complexidade durante os processos de produção e uso do mesmo;

³¹ É justamente este foco no indivíduo que distingue a Psicologia da Ciência da Sociologia da Ciência, haja vista que a Sociologia da Ciência possui como foco a interação entre os indivíduos na sociedade.

- ii. *Criatividade*: a Psicologia da Ciência pode discutir a capacidade que o cientista possui para criar, produzir e/ou inventar algo novo, bem como inovar a partir de algo que já exista, durante os processos de produção e uso do conhecimento científico;
- iii. *Habilidade de expressão*: a Psicologia da Ciência pode discutir a capacidade que o cientista possui de expressar algo, seja de forma verbal e/ou visual, por exemplo, ao pensar e/ou produzir analogias e modelos durante os processos de produção e uso do conhecimento científico;
- iv. *Influência motivacional*: a Psicologia da Ciência pode discutir as influências que a motivação do cientista, seja ela intrínseca e/ou extrínseca, pode sofrer e/ou exercer em relação a determinado conhecimento científico;
- v. *Inteligência*: a Psicologia da Ciência pode discutir habilidades do cientista relacionadas a como ele compreende e relaciona determinado conhecimento científico durante os processos de produção e uso do mesmo;
- vi. *Não linearidade dos pensamentos*: a Psicologia da Ciência pode discutir como o pensamento do cientista não se modifica linearmente ao longo dos processos de produção e uso do conhecimento científico;
- vii. *Objetividade*: a Psicologia da Ciência pode discutir como o cientista pode pensar e agir de maneira direta, ou seja, ser focado em uma meta durante os processos de produção e uso do conhecimento científico;
- viii. *Personalidade*: a Psicologia da Ciência pode discutir a personalidade³² de um cientista visando, por exemplo, explicar o comportamento do mesmo em determinada situação ao longo dos processos de produção e uso do conhecimento científico;
- ix. *Provisoriedade das ideias*: a Psicologia da Ciência pode discutir como o cientista pode mudar de ideia ao longo dos processos de produção e uso do conhecimento científico;
- x. *Racionalidade*: a Psicologia da Ciência pode discutir como o cientista pode pensar e agir em conformidade com a razão, isto é, como ele pode relacionar

³² Entendemos personalidade como um conjunto de características marcantes próprias de um indivíduo e que o identifica e diferencia dos demais indivíduos.

pensamentos seguindo alguma lógica, durante os processos de produção e uso do conhecimento científico; e

- xi. *Subjetividade*: a Psicologia da Ciência pode discutir como os modos de pensar e/ou agir do cientista se relacionam com suas próprias concepções, que podem ser diferentes das de outro indivíduo.

Antropologia da Ciência

A Antropologia é uma área que estuda o homem no sentido mais amplo, isto é, no sentido da humanidade. Esta área pode ser subdividida³³ em: (i) Antropologia Biológica ou Física, que estuda o homem em sua dimensão biológica, por exemplo, sua origem, evolução e variações físicas; (ii) Antropologia Social³⁴ ou Cultural³⁵, que estuda o homem e as diferentes culturas, ou seja, a diversidade cultural humana; (iii) Antropologia Linguística, que estuda o homem e a linguagem (idioma, fala e linguagem), assim como os desdobramentos e as nuances envolvidas na linguagem humana; e (iv) Antropologia Arqueológica, que estuda o homem do passado e do presente a partir da análise de vestígios materiais, por exemplo, fósseis, pinturas, obras de arte e arquitetônica, intervenções no meio ambiente, entre outros.

Como descrito sucintamente acima, cada subdivisão possui questões específicas e, apesar de a etnografia ser uma metodologia amplamente utilizada na área da Antropologia, cada subdivisão também faz uso de métodos específicos, sendo o estudo do homem comum a todas elas. Dentre essas subdivisões, para a proposição dos aspectos *incomensurabilidade e influência cultural*, nos baseamos na Antropologia Social

³³ É importante destacar que essas subdivisões podem diferir dependendo da origem dos autores que as propõem, por exemplo, América Latina, Estados Unidos da América e Europa. Por este motivo, quando necessário, para uma melhor compreensão de nossas ideias, optamos por apresentar as diferentes formas em que essas subdivisões podem aparecer, bem como a relação entre as mesmas.

³⁴ A Antropologia Social se difere da Sociologia no objeto de investigação. A Sociologia estuda o homem enquanto sociedade e a Antropologia Social estuda a influência dessa sociedade sobre o homem.

³⁵ Autores norte-americanos adotam apenas o termo Antropologia Cultural, pois entendem que Antropologia Social e Antropologia Cultural são áreas distintas. Na visão norte-americana, a Antropologia Cultural estuda a diversidade cultural humana, tanto de grupos contemporâneos, como extintos. Isto se difere da Antropologia Social na medida em que o conceito de sociedade é mais abrangente do que o de cultura, visto que uma sociedade pode ser constituída de indivíduos que manifestam diferentes culturas.

ou Cultural, mas acreditamos que tais aspectos podem ser utilizados, se adaptados, para as outras subdivisões.

A Antropologia da Ciência, além de estudar o homem, estuda também a relação do mesmo com o conhecimento científico. Além disso, a mesma considera que a produção do conhecimento científico é uma forma de ação social e que seu desenvolvimento é uma forma de produção cultural.

Sendo assim, consideramos que o estudo da Antropologia da Ciência abrange os processos de produção e desenvolvimento do conhecimento científico, assim como alguns de seus aspectos:

- i. *Incomensurabilidade*: a Antropologia da Ciência pode discutir o conceito de cultura³⁶, de maneira que tais discussões resultem nas ideias de que não existe cultura boa ou ruim, melhor ou pior; existem diferentes culturas. Portanto, o conhecimento científico não pode ser medido na mesma escala, não pode ser comparado com conhecimentos de diferentes culturas; e
- ii. *Influência cultural*: a Antropologia da Ciência pode discutir as influências que a cultura pode sofrer e/ou exercer em relação a determinado conhecimento científico. Assim, indivíduos que manifestam diferentes culturas podem interpretar um mesmo fenômeno de maneiras diferentes.

Sociologia da Ciência

É uma área que estuda como ocorre o processo de produção do conhecimento científico, analisando o indivíduo, no caso o cientista, em sociedade. Portanto, os estudos dessa área evidenciam que a Ciência é uma prática social.

A Sociologia da Ciência abrange o estudo dos processos de produção do conhecimento científico, assim como alguns de seus aspectos:

- i. *Aceitabilidade*: a Sociologia da Ciência pode discutir como o conhecimento é produzido, comunicado, avaliado, revisado e validado pelos cientistas para que seja aceito como científico;

³⁶ Entendemos cultura como um conjunto de crenças, hábitos, formas de vestir, pensar, agir, falar, comer, caminhar, rezar, entre outros, ou seja, é o que é passado, adquirido, aprendido, vivido e compartilhado entre os indivíduos (LARAIA, 2001).

- ii. *Credibilidade*: a Sociologia da Ciência pode discutir o *status* que os cientistas, as instituições e/ou a própria Ciência possuem frente à comunidade científica e/ou à sociedade;
- iii. *Falibilidade*: a Sociologia da Ciência pode discutir como os cientistas identificam e lidam com erros durante o processo de produção do conhecimento científico;
- iv. *Incerteza*: a Sociologia da Ciência pode discutir como os cientistas lidam com as incertezas³⁷, mais precisamente como eles tomam consciência, se posicionam, e/ou, quando necessário, tomam decisões frente a elas;
- v. *Influência social*: a Sociologia da Ciência pode discutir as influências que a sociedade na qual os cientistas estão inseridos pode sofrer e/ou exercer durante o processo de produção do conhecimento científico. Por exemplo, a Sociologia da Ciência pode discutir como demandas sociais influenciam no envolvimento de cientistas com determinado tema e/ou como as pesquisas realizadas interferem no meio social; e
- vi. *Interações entre cientistas*: a Sociologia da Ciência pode discutir os diferentes modos de interação entre cientistas, por exemplo, parcerias, contribuições, discordâncias e disputas durante o processo de produção do conhecimento científico.

Economia da Ciência

É uma área que estuda os impactos sofridos e/ou exercidos pela mercantilização³⁸ e comercialização³⁹ do conhecimento científico nas etapas de produção, desenvolvimento e aplicação do mesmo, assim como alguns de seus aspectos:

- i. *Acesso ao conhecimento*: a Economia da Ciência pode discutir a questão da exclusividade do acesso ao conhecimento científico e suas implicações no valor monetário agregado ao mesmo, além de quem pode usufruir, direta ou indiretamente, de tal conhecimento;

³⁷ Entendemos incerteza como relacionada a algo para o qual não podemos prever precisamente o resultado ou criar uma explicação.

³⁸ Entendemos mercantilização como o ato de transformar algo, no nosso caso o conhecimento científico, em mercadoria (KNUUTTILA, 2013).

³⁹ Entendemos comercialização como o ato de colocar algo, no nosso caso o conhecimento científico, à venda (KNUUTTILA, 2013).

- ii. *Aplicabilidade*: a Economia da Ciência pode discutir o interesse das instituições que estão envolvidas nos processos de produção, desenvolvimento e/ou aplicação do conhecimento científico na utilização do mesmo;
- iii. *Competitividade*: a Economia da Ciência pode discutir a competitividade entre instituições ao longo dos processos de produção, desenvolvimento e aplicação do conhecimento científico, visando à obtenção de patentes e/ou reconhecimento da inovação;
- iv. *Fontes de financiamento*: a Economia da Ciência pode discutir a variedade de instituições, incluindo universidades, centros de pesquisas, laboratórios industriais, agências governamentais, empresas spin-off⁴⁰, entre outras, responsáveis pelo financiamento de pesquisas científicas;
- v. *Investimento econômico*: a Economia da Ciência pode discutir como o investimento ao longo dos processos de produção, desenvolvimento e aplicação do conhecimento científico é gradativo e depende dos resultados desses processos e de fatores sociais, políticos, ambientais, entre outros;
- vi. *Produtividade*: a Economia da Ciência pode discutir o interesse das instituições que estão envolvidas nos processos de produção, desenvolvimento e aplicação do conhecimento científico na produtividade, em termos de retorno financeiro;
- vii. *Publicidade*: a Economia da Ciência pode discutir o interesse das instituições que estão envolvidas nos processos de produção, desenvolvimento e aplicação do conhecimento científico na divulgação do mesmo com objetivo de obter financiamento e/ou mercantilização e comercialização; e
- viii. *Viabilidade*: a Economia da Ciência pode discutir o processo de avaliação para definir e/ou justificar os investimentos em pesquisas científicas.

História da Ciência

É uma área que estuda o desenvolvimento dos conhecimentos científicos ao longo do tempo, isto é, a modificação das ideias constituintes e/ou relacionadas à

⁴⁰ Entendemos *spin-off* como empresa derivada, isto é, uma nova empresa que se originou, por exemplo, a partir de um grupo de pesquisa sediado em uma universidade.

Ciência e à produção e/ou modificação de ideias em contextos antigos e/ou contemporâneos.

O estudo da História da Ciência abrange os processos de produção e desenvolvimento do conhecimento científico assim como alguns de seus aspectos:

- i. *Influência histórica*: a História da Ciência pode discutir as influências que o contexto histórico pode sofrer e/ou exercer em relação a determinado conhecimento científico ao longo do tempo;
- ii. *Multiplicidade*: a História da Ciência pode discutir sobre as diversas narrativas de, e/ou interpretações diferentes para, um mesmo episódio histórico em relação a determinado conhecimento científico;
- iii. *Não linearidade*: a História da Ciência pode discutir a não existência de um único caminho para o desenvolvimento do conhecimento científico, incluindo os resgates de ideias apresentadas em pesquisas anteriores, os imprevistos e as mudanças nas pesquisas sobre um determinado conhecimento científico que foram ocorrendo ao longo do tempo;
- iv. *Progressividade*: a História da Ciência pode discutir o processo pelo qual um determinado conhecimento científico foi produzido, comunicado, avaliado, revisado e validado de maneira gradativa ao longo do tempo; e
- v. *Provisoriedade*: a História da Ciência pode discutir a ocorrência de mudanças em um determinado conhecimento científico ao longo do tempo.

5.2 Estudo de Caso

Nesta parte, assim como sugerido por Robson (2002) optamos por apresentar os resultados no estudo de caso em uma estrutura cronológica. Por este motivo, optamos por dividi-lo em três momentos, sendo eles: Modelagem – Contexto Cotidiano; Modelagem – Contexto Científico; e Modelagem – Contexto Sociocientífico. Em todas elas, as falas de todos os participantes são grafadas em itálico.

5.2.1 Modelagem – Contexto Cotidiano

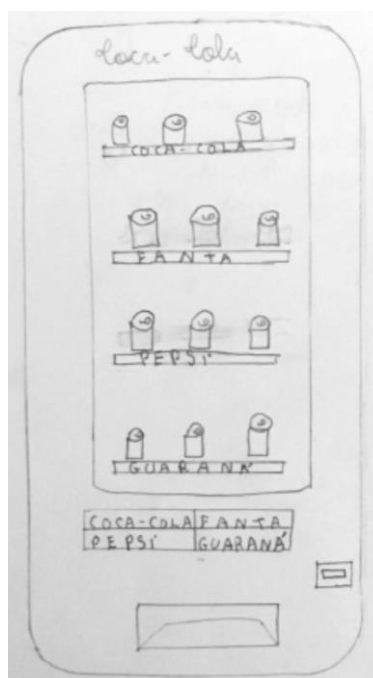
Como destacado anteriormente, as atividades do Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM) envolvendo um contexto cotidiano tinham como objetivo ajudar os estudantes a entender o significado de modelos e do processo de modelagem.

No início da aula, as pesquisadoras entregaram a Atividade 1 para os estudantes. Em seguida, a professora leu a atividade e, posteriormente, disponibilizou tempo para que eles propusessem e explicassem seus modelos. Enquanto os estudantes faziam a atividade, a professora e as pesquisadoras passavam pelos grupos para terem certeza de que os mesmos haviam compreendido o objetivo da atividade, se tinham alguma dúvida e, ainda, para fomentar as discussões entre eles. Isso aconteceu em todas as outras atividades.

Na Atividade 1 (Construindo o conhecimento de uma maneira diferente – apresentada nos Apêndices), os estudantes tinham que propor um modelo para explicar o funcionamento de uma máquina de vender latas de refrigerante. Além disso, tinham que identificar e explicar, por escrito, todas as características do modelo proposto. Essa atividade se relaciona às etapas de *criação* e *expressão* do proto-modelo.

Os integrantes do Grupo 1 (G1) discutiram como seria a máquina de vender latas de refrigerante a partir de um desenho, explicando o funcionamento da máquina a partir do mesmo. Em seguida, fizeram o desenho apresentado na figura 5.2.

Figura 5.2 – Lado externo da máquina de vender latas de refrigerante.⁴¹



Fonte: A autoria dos estudantes.

⁴¹ Este nome, lado externo, foi dado pelos próprios integrantes do grupo.

Após desenharem, Daniela chamou a professora e falou: *Só saiu isso!* Então, a professora solicitou que a estudante lesse o que os integrantes do grupo haviam registrado por escrito, ou seja, a explicação das características do desenho. Daniela leu: *Quando o dinheiro é posto na máquina de refrigerantes, há um scanner que identifica a nota e seu valor e libera o produto selecionado na tabela.* Após a leitura, a professora destacou que o desenho feito por eles era o que podia ser visto ao olhar para uma máquina de vender latas de refrigerante. No entanto, o mesmo não explicava como a máquina funcionava. Para dar suporte a tal afirmação, a professora fez alguns questionamentos: *Onde está o scanner no desenho?; O que acontece quando o botão de escolha [do tipo de refrigerante]⁴² é selecionado?; Como o refrigerante sai lá de cima [prateleira interna] e chega até aqui em baixo [gaveta]?* Para finalizar, ela falou que o desenho tinha que ir além daquilo que podia ser visto ao olhar para uma máquina. Portanto, eles tinham que imaginar o modo de funcionamento da máquina para propor o modelo.

Após a intervenção da professora, os integrantes do grupo continuaram discutindo como seria o desenho da máquina, bem como a explicação do mesmo, levando em consideração os questionamentos realizados pela professora.

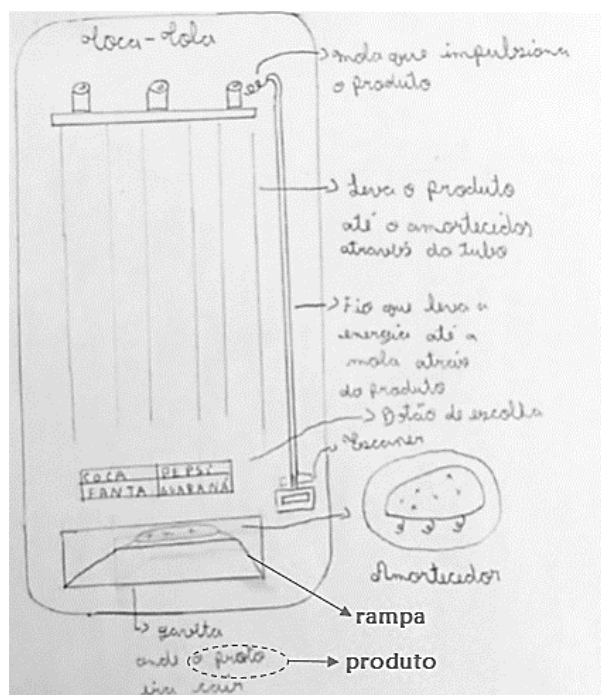
Depois de um certo tempo, a professora passou pelo grupo e perguntou para os integrantes se eles haviam conseguido imaginar o modo de funcionamento da máquina para propor o modelo. Daniela leu novamente o que eles haviam registrado:

Quando o dinheiro é posto na máquina de refrigerantes, há um scanner que identifica a nota e seu valor e libera o produto selecionado na tabela. Quando o botão de escolha é acionado, há um fio que conduz energia à gaveta do produto impulsionando-o para baixo, onde há um amortecedor que não deixa as latas se amassarem.

Após a leitura, a professora perguntou se eles conseguiam representar aquelas informações em um desenho. Assim eles fizeram e, ao invés de desenharem o lado externo da máquina (figura 5.2), desenharam o lado interno (figura 5.3).

⁴² Os o fato de a máquina fornecer troco para o cliente [] foram utilizados para acrescentar alguma informação com intuito de facilitar o entendimento do leitor sobre o que foi falado e/ou registrado, assim como algum comentário e/ou observação.

Figura 5.3 – Lado interno da máquina de vender latas de refrigerante.⁴³



Fonte: Autoria dos estudantes.

Além disso, eles complementaram o registro por escrito que explicava as características do modelo:

Quando o dinheiro é posto na máquina de refrigerantes, há um scanner que identifica a nota e seu valor e libera o produto selecionado na tabela. Quando o botão de escolha é acionado, há um fio que conduz energia a mola do produto impulsionando-a para baixo, onde há um amortecedor que não deixa as latas danificarem e através de uma rampa é levada até a gaveta.

Em uma aula posterior a esta, uma das pesquisadoras (PQ3) perguntou aos integrantes do grupo o que eles haviam levado em consideração ao propor o amortecedor na *criação* e *expressão* do modelo (figura 5.3). Eles responderam que levaram em consideração algumas de suas experiências, por exemplo, não escutar a latinha caindo na gaveta e sim rolando, bem como perceber que a latinha não está amassada quando é retirada da gaveta.

⁴³ Este nome, lado interno, foi dado pelos próprios integrantes do grupo. O que foi digitado no desenho são alterações realizadas pelas pesquisadoras após questionamentos realizados aos integrantes do grupo, por exemplo, legenda para determinada parte do desenho ou erro de português.

Durante os momentos em que os integrantes do grupo discutiram sobre como seria o desenho da máquina e sobre como ele seria explicado, eles falaram mais de uma vez o que já tinham visto quando haviam utilizado e/ou passado perto de alguma máquina de vender latas de refrigerante. Em alguns momentos, quando não conseguiam explicar o modo de funcionamento da máquina, eles reclamavam por nunca terem visto como é uma daquelas máquinas por dentro.

Após os estudantes terminarem a atividade, a professora solicitou que um estudante de cada grupo socializasse o modelo proposto pelo seu grupo para a turma. Ela pediu, ainda, que eles prestassem atenção nas falas dos colegas, pois elas poderiam ajudar um determinado grupo a perceber se as ideias apresentadas eram adequadas ou não.

O G1 foi o último a apresentar seu modelo. Vânia optou por reproduzir parte do modelo proposto (figura 5.3) no quadro branco e, em seguida, explicar as características do mesmo registradas por escrito:

Você aperta o botão de escolha e depois disso você efetua o pagamento. Atrás da entrada da nota, tem um sensor que é projetado para reconhecer se é necessário troco e se a nota é verdadeira. Depois disso, tem um fio conectado atrás desse sensor que gera energia e entra em contato com a mola que fica atrás da lata e impulsiona ela. Em seguida, essa lata desce por um tubo que é ligado a um amortecedor, para que a lata não se danifique ao cair, e debaixo do amortecedor tem uma pequena rampa que leva a lata até a gaveta.

De uma maneira geral, dos seis grupos⁴⁴ que socializaram seus modelos, quatro levaram em consideração o fato de a máquina fornecer troco para o cliente, visto que o mesmo poderia ter uma nota de valor maior do que o custo da lata de refrigerante. Cinco deles levaram em consideração o sistema de refrigeração, visto que ao comprar um refrigerante em uma máquina ele deve estar gelado. Três deles levaram em consideração a energia, reconhecida como essencial para o sistema de refrigeração funcionar. Porém, apenas um dos três grupos que levaram em consideração a energia desenhou uma tomada em seu modelo.

⁴⁴ Um grupo optou por não socializar seu modelo e a professora respeitou tal opção.

Se compararmos a explicação de Vânia com as discussões realizadas entre os integrantes do grupo nos momentos de discussão, mais especificamente o registro por escrito que explicava as características do modelo proposto (figura 5.3), percebemos que, diferentemente do que aconteceu no momento de socialização, nos momentos de *criação* e *expressão* do modelo os integrantes não levaram em consideração o fato de a máquina fornecer troco para o cliente.

Diante disso, em uma aula posterior a esta, PQ3 perguntou aos integrantes do grupo por que eles levaram em consideração o fato de a máquina fornecer troco para o cliente apenas no momento de socialização. Vânia respondeu que, durante os momentos de *criação* e *expressão* do modelo, os integrantes do grupo não haviam pensado naquilo mas que, quando os outros grupos apresentaram seus modelos e levantaram tal possibilidade, ela fez uma busca na *internet* com o objetivo de saber mais, pois não tinha certeza de se aquele tipo de máquina fornecia troco.

Na explicação dada por Vânia, é possível perceber que o grupo não levou em consideração o sistema de refrigeração e que, apesar de ter levado em consideração a necessidade de existência de energia, não desenhou a tomada em seu modelo (figura 5.3).

Após o momento de socialização, a professora questionou a turma:

Professora: *Dos seis modelos apresentados, existe um único que consegue explicar o funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante?*

Todos: *Não.*

Professora: *Um modelo complementa o outro?*

Todos: *Sim.*

Professora: *Existe algum modelo que não consegue explicar o funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante?*

Todos: *Não.*

Em seguida, a professora concluiu, juntamente com eles, que apesar de alguns modelos possuírem mais detalhes do que outros, todos explicavam o funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante. Portanto, para explicar um mesmo fenômeno, podemos ter mais de um modelo. Ela também ressaltou que, no início, os estudantes se preocuparam muito com a parte externa da máquina, e que só depois de ela enfatizar

que o que deveria ser focado no modelo era o funcionamento da máquina, eles se preocuparam com a parte interna da mesma. Para tanto, foi necessário que os estudantes partissem daquilo que eles já tinham visto e/ou vivenciado, ou seja, de algumas experiências como, por exemplo, as de apertar botão, colocar nota e acompanhar a saída de lata de refrigerante gelado. Para finalizar, ela falou que todos os modelos propostos haviam atendido, inicialmente, o objetivo.

Enquanto a professora finalizava a discussão da Atividade 1, as pesquisadoras entregaram a Atividade 2 para os estudantes. Em seguida, a professora leu a atividade e, posteriormente, disponibilizou tempo para que os mesmos se dedicassem a ela.

Na Atividade 2 (Testando nossos modelos – apresentada nos Apêndices), os estudantes tinham que testar o modelo proposto na atividade anterior ao tentar utilizá-lo para explicar duas condições diferentes na qual a máquina de vender latas de refrigerante havia sido submetida. Se o modelo proposto conseguisse explicar as duas condições, eles tinham que explicar o porquê e propor uma maneira de convencer os demais grupos de que tal modelo era o mais adequado. Caso contrário, seria necessário reformular ou elaborar outro modelo. Além disso, de posse desse “novo” modelo, reformulado ou totalmente diferente do anterior, eles deveriam explicar e propor uma maneira de convencer os demais grupos de que tal modelo era mais adequado para explicar as duas condições. Essa atividade se relaciona à etapa de *teste* do modelo.

Os integrantes do G1 não compreenderam o objetivo da atividade e, por este motivo, chamaram a professora. Com o intuito de ajudá-los a compreender, a professora leu as informações presentes na atividade, apresentadas no quadro 5.1.

Além disso, ela lembrou o modelo proposto por eles (figura 5.3), bem como o registro por escrito que explicava as características do mesmo. Em seguida, os estudantes discutiram, juntamente com a professora, e chegaram ao consenso de que o modelo proposto por eles explicava a condição 1, pois apesar de não terem desenhado a tomada no modelo e nem registrado sua existência por escrito, ao explicar as características do mesmo, eles consideraram a importância da energia. Porém, tal modelo não explicava a condição 2, pois eles não tinham considerado o sistema de refrigeração ao propor seu modelo e a explicação das características do mesmo.

Quadro 5.1 – Observações relacionadas ao funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante.

Condição	Observações
1. Deixar a máquina desligada da tomada e, em seguida, colocar a moeda.	O refrigerante não é servido.
2. Desligar a máquina da tomada por duas horas. Ligar novamente e colocar a moeda.	A máquina não serve a bebida imediatamente. Após alguns minutos, a máquina começa a funcionar e, decorrido um certo tempo, ao ser inserida uma moeda, o refrigerante é servido.

Fonte: Autoria nossa.

Após a intervenção da professora, PQ3 passou no grupo para discutir sobre o desenvolvimento da atividade. Ela fez alguns questionamentos: *Vocês desenharam a tomada? Vocês levaram em conta a moeda como forma de pagamento?* Esses questionamentos contribuíram para que os estudantes refletissem e percebessem que, para eles, a presença de energia para que a máquina funcionasse era tão óbvia que eles acharam que não era necessário desenhar a tomada, uma vez que eles haviam desenhado e registrado por escrito que existia um fio que conduzia energia.

Depois desse momento, os estudantes perceberam a importância de explicitar cada detalhe em seu modelo por meio de desenhos e/ou de registros escritos. Após discutirem a questão 1 (O modelo do seu grupo é capaz de explicar essas observações? Por quê?) e chegarem ao consenso de que o modelo proposto por eles explicava a condição 1 e não explicava a condição 2, eles registraram suas respostas:

Condição 1 – Sim, pois é necessário o uso de energia no processo, se ela estivesse desligada, não teria como funcionar. Mas deve acrescentar o uso da tomada e do receptor de moedas.

Condição 2 – Não, pois não falamos sobre a refrigeração dos produtos, quando a máquina é ligada ela demora um pouco para se acionar e gelar.

Em um momento imediatamente posterior a esta aula, PQ3 questionou os integrantes do grupo sobre o fato de seu modelo (figura 5.3) explicar a condição 1. Isto porque eles não levaram em consideração o uso da moeda como forma de pagamento na proposição do mesmo. Luíza respondeu que, nos momentos de discussão, eles

havia considerado o uso da moeda como forma de pagamento, mas Daniela a relembrou que eles descartaram essa possibilidade e, por esse motivo, o uso da moeda como forma de pagamento não aparece no modelo (figura 5.3) e nem no registro escrito.

Após o questionamento de PQ3, os integrantes do grupo alteraram o registro da resposta referente à condição 1 para:

Condição 1 – Não, pois é necessário o uso de energia no processo. Se ela estivesse desligada, não teria como funcionar e nós não colocamos a tomada em nosso modelo.

Ao alterarem o registro da resposta referente à condição 1, os estudantes destacaram exclusivamente a falta da tomada, se esquecendo do receptor de moedas.

Antes de os integrantes do grupo retomarem a Atividade 2, PQ2 lhes perguntou se poderia fazer alguns questionamentos sobre a Atividade 1. Seguiu-se o seguinte diálogo:

PQ2: Na Atividade 1, vocês tiveram que elaborar um modelo, certo? Mas, o que vocês entendem por modelo? O que vocês acham que é um modelo? Como vocês definiriam um modelo?

Luíza: Um exemplo.

Daniela: Um molde/um modelo. Por exemplo, para construir uma coisa, primeiro temos que ter um modelo, por exemplo, o modelo arquitetônico [projeto], modelo como pessoa e modelo físico, por exemplo, casa, roupa, carro etc.

PQ2: O modelo que vocês elaboraram se encaixaria em qual definição?

Daniela: Modelo físico.

PQ2: Como vocês representaram o modelo?

Daniela: Representamos a parte externa e a interna da máquina de vender latas de refrigerante.

PQ2: Se fosse só o desenho dava conta de representar o funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante?

Luíza e Daniela: Não, teve a parte escrita também.

A partir desta resposta, Luíza e Daniela reconheceram que o modelo ia além do desenho, pois perceberam que apenas o desenho das partes externa e interna da máquina de vender latas de refrigerante não era suficiente para explicar seu

funcionamento. Para tanto, era preciso o registro escrito que explicava todas as características do modelo representado em dois desenhos (figuras 5.2 e 5.3).

PQ2: *Vocês acham que a socialização dos modelos é importante? Por quê?*

Vânia: *Porque uma coisa complementa a outra, pois o modelo sozinho não dá conta.*

Daniela: *Porque ajudou na hora de refazer, pois a gente pode pegar ideias que a gente não tinha pensado.*

PQ2: *Durante a socialização, teve algum modelo que a gente pudesse escolher?*

Daniela: *Completo? Não.*

Luíza: *Sempre vai estar faltando alguma coisa.*

PQ2: *Sobre o processo que vocês vivenciaram, o que vocês acharam? Vocês acharam difícil?*

Daniela: *Sim.*

Luíza: *No início foi, pois não estávamos tendo ideias; depois soltou.*

Na sequência, PQ2 ressaltou que se tratava de um processo demorado.

PQ2: *Se isso fosse uma prova para ser feita individualmente, vocês acham que conseguiriam fazer?*

Vânia: *Acho que não.*

Luíza: *A gente ia errar.*

Em seguida, PQ2 ressaltou a importância de trabalhar em grupo e de ser criativo.

PQ2: *Quando eu falo a palavra cientista, qual imagem vem à cabeça de vocês?*

Natanael: *Jaleco branco.*

Vânia: *Aquelas pessoas de [que fazem] pesquisas e também que...⁴⁵ tipo aquelas lá de laboratório, sabe?*

Natanael: *Meio doída, frascos, igual os desenhos mostram, saindo fumacinha, os líquidos vermelhos, verdes e azuis...*

Luíza: *O cabelo dele sempre branco e alto, parece que levou choque.*

PQ2: *Por que será que é essa imagem que vem à cabeça de vocês?*

Natanael: *Porque sempre foi mostrado assim pra gente; em desenho sempre foi mostrado o cientista assim pra gente.*

⁴⁵ As reticências (...) foram utilizadas para indicar que o estudante ainda estava pensando, isto é, indicam uma ideia e/ou pensamento que não foi completado na fala.

PQ2: Como vocês acham que os cientistas trabalham?

Vânia: Eu acho que trabalham muitas pessoas, até mesmo para eles compartilharem.

Luíza: Eu acho que cada um vai pesquisando uma coisa, até formar aquilo tudo. Por exemplo, para fazer uma vacina, não tem como só um pensar para fazer uma vacina. Eles também são cientistas, não é? Cada um vai fazendo até chegar num consenso.

Com base nessas respostas, PQ2 ressaltou que os estudantes estavam vivenciando processos análogos aos que os cientistas vivenciam. Para justificar tal afirmativa, ela relembrou os processos vivenciados por eles ao longo da Atividade 1 e no início da Atividade 2 como, por exemplo, pensar e ter ideias; apresentar e justificar tais ideias para o grupo; chegar a um consenso para depois propor um modelo que foi representado por dois desenhos e por registro escrito; socializar tal modelo para a turma; e analisar se o mesmo explicava ou não as duas condições diferentes na qual a máquina de vender latas de refrigerante havia sido submetida.

PQ2: O modelo de vocês atendeu ao objetivo para o qual o mesmo foi proposto?

Daniela: A gente tinha colocado sim na primeira condição, porque a gente falou que como tinha energia, obviamente tinha tomada. Mas, como a professora falou, a tomada tinha que estar explícita mesmo, aí a gente colocou não.

Na sequência, PQ2 também ressaltou a importância de explicitar cada detalhe ao propor um modelo. Após esta intervenção, os integrantes do grupo retomaram a Atividade 2. Em seguida, Daniela falou com os colegas que estava adorando o novo formato de aula da professora.

Ao retomarem a atividade, os integrantes do grupo leram a questão 2 (Em caso de resposta afirmativa à questão 1: Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais adequado para essas observações?) e perceberam que precisavam reformular seu modelo porque ele não conseguia explicar as condições 1 e 2. No entanto, eles estavam com dúvida se precisavam desenhar novamente ou se bastava registrar por escrito as modificações. Por esse motivo, chamaram a professora, que lhes questionou:

O modelo de vocês conseguiu explicar as duas situações? O modelo de vocês ficou muito fora da realidade? Um acréscimo, uma pequena modificação é o suficiente?

A partir destas questões, os integrantes do grupo concluíram, juntamente com a professora, que bastava fazer algumas modificações para complementar o modelo, de maneira que ele fosse capaz de explicar as duas condições apresentadas na atividade. Ao responderem à questão 3a (Em caso de resposta negativa à questão 1, reformule o modelo de modo que ele consiga explicar as observações. A seguir, responda: Como seu novo modelo é capaz de explicar essas observações?), os estudantes afirmaram:

Deve ser considerado o fato de que é necessário o uso de tomada; uso de refrigeração; ampliação das formas de pagamento com moedas, cartões e troco; e demora estipulada quando a máquina é ligada para que o sistema interno seja completamente ligado e ocorra a refrigeração.

No início da aula seguinte, PQ3 perguntou aos integrantes do grupo por que eles haviam acrescentado outras formas de pagamento em seu modelo. Vânia respondeu que era para ampliar o modelo, uma vez que a maioria das pessoas não usa dinheiro em nota ou em moeda, e sim cartão, que é mais seguro.

Na questão seguinte 3b (Em caso de resposta negativa à questão 1, reformule o modelo de modo que ele consiga explicar as observações. A seguir, responda: O que você diria para convencer os outros grupos de que seu novo modelo é mais adequado para as observações?), os estudantes responderam:

Pois o nosso novo modelo, além de mais moderno, ele é um modelo completo, sendo composto por energia (tomada), sistema de refrigeração, formas de pagamento e troco avançadas, amortecedor, scanner, gaveta, mola, fio condutor de energia, tubo e conversor digital. Dessa forma, atende os consumidores de uma forma que não deixa a desejar.

Em um momento imediatamente posterior a esta aula, PQ3 questionou os integrantes do grupo por que o “novo” modelo era mais moderno. Vânia respondeu que era devido às diferentes formas de pagamento, principalmente o cartão. Ela destacou, ainda, que nem todas as máquinas de vender latas de refrigerante apresentavam aquela forma de pagamento, e que muitas pessoas utilizavam apenas cartão por questão de segurança. Em seguida, PQ3 perguntou por que o “novo” modelo era completo. Vânia respondeu que era devido à quantidade de aspectos que os integrantes do grupo levaram em consideração para reformular o modelo.

Após os estudantes terminarem a atividade, a professora solicitou que um estudante de cada grupo socializasse o modelo reformulado pelo seu grupo para a turma. Ela pediu para que cada estudante deixasse claro se o modelo proposto pelo grupo havia sido modificado, o que havia sido modificado e destacasse o que era mais interessante no modelo proposto, reformulado ou não, se comparado aos modelos dos demais grupos.

Desta vez, o G1 foi o primeiro a apresentar seu modelo. Daniela apresentou o modelo reformulado pelo seu grupo para a turma, explicando que, na condição 1 eles haviam acrescentado a tomada e na condição 2 haviam acrescentado o sistema de refrigeração. Ela também destacou como interessante no modelo do grupo:

A explicação da parte interna [figura 5.3] da máquina e o sistema de amortecedor.

Considerando as reformulações feitas nos modelos, todos os grupos levaram em consideração aspectos como energia; tomada; moeda como forma de pagamento; sistema operacional e sistema de refrigeração, que não haviam sido considerados na Atividade 1.

Após o momento de socialização, a professora ressaltou que, para elaborar modelos, os estudantes partiram de suas experiências; conhecimentos prévios; imaginação; criatividade; lógica; entre outros. E, ainda, que ao utilizar esses aspectos, eles foram capazes de elaborar modelos coerentes na Atividade 1. Para sustentar tal afirmação, a professora utilizou como evidência o fato de nenhum modelo, quando testado na Atividade 2, ter sido rejeitado, isto é, de todos terem sido reformulados. Ela também ressaltou que quando os estudantes testaram seus modelos, perceberam que eles não estavam adequados, pois não conseguiam explicar uma ou as duas condições apresentadas na atividade. Dessa maneira, eles perceberam também que era necessário reformulá-los de maneira a explicitar alguns detalhes que ainda não haviam sido explicados.

Dando continuidade, a professora perguntou se seria possível elaborar um modelo da turma para a máquina de vender latas de refrigerante. Os estudantes responderam que sim, pois segundo eles bastava juntar todos os modelos propostos. A professora prosseguiu: *E se tivéssemos dois modelos antagônicos?* Os estudantes

responderam que seria necessário discutir e chegar a um consenso. Para finalizar, ela perguntou: *Vocês acham que existe alguma semelhança entre o que vocês estão fazendo desde a semana passada com o que os cientistas fazem?* Os estudantes responderam que sim e apontaram alguns exemplos como: trabalho em grupo; construção de alguma coisa; apresentação de projetos [socialização do modelo]; análise de resultados de outros grupos para analisar o seu próprio trabalho; e execução de alguma coisa passo a passo.

Por fim, a professora elogiou os estudantes e falou que eles realizariam mais uma etapa do processo na Atividade 3, que consistia em utilizar o modelo proposto e reformulado por eles em outra situação. Em seguida, as pesquisadoras entregaram a Atividade 3 para os estudantes. Como das outras vezes, enquanto eles faziam a atividade, a professora e as pesquisadoras passavam pelos grupos para terem certeza de que eles haviam compreendido o objetivo da atividade, se tinham alguma dúvida e, ainda, para favorecer as discussões entre os mesmos.

Na Atividade 3 (Utilizando o modelo em outra situação – apresentada nos Apêndices), os estudantes tinham que avaliar a abrangência e as limitações de seus modelos quando utilizados para explicar o funcionamento de um caixa eletrônico. Nessa atividade – que se relaciona à etapa de *avaliação* do modelo – não era necessário que os estudantes reformulassem seus modelos, mas que eles discutissem os aspectos que achessem relevantes para responder as questões da atividade.

Para responder à questão 1 (O modelo do seu grupo é capaz de explicar o funcionamento de um caixa eletrônico?), os integrantes do G1 discutiram e chegaram a um consenso de que apenas parte do modelo poderia explicar o funcionamento do caixa eletrônico. Com relação à questão 2 (Quais aspectos do funcionamento de um caixa eletrônico o modelo do seu grupo é capaz de explicar? Por quê?), eles discutiram, chegaram a um consenso e registraram sua resposta:

Uso do cartão; cédulas no caso de depósitos; scanner e tomada. Pois todos esses aspectos utilizados em nosso modelo são encontrados no caixa eletrônico.

Os integrantes do grupo não compreenderam o objetivo da questão 3 (Em caso de resposta negativa à questão 1: Quais aspectos do funcionamento de um caixa

eletrônico o modelo do seu grupo não é capaz de explicar? Por quê?) e, por este motivo, chamaram PQ3. Visando ajudá-los a compreender a questão, a pesquisadora fez algumas perguntas que os fizeram lembrar das funções de um caixa eletrônico. Após a intervenção da pesquisadora, eles discutiram, chegaram a um consenso e registraram sua resposta:

Nossa máquina possui alguns aspectos, mas nem todos são encontrados em um caixa eletrônico, como o saldo e extrato, limitação de saques e a não aceitação de notas de dois reais.

Logo após esta aula, PQ3 questionou os integrantes do grupo se era ou não importante que o modelo elaborado para explicar o funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante tivesse as características de um caixa eletrônico. Vânia respondeu que não era importante, uma vez que o modelo havia sido elaborado para explicar o funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante. Portanto, o mesmo não precisava apresentar tais aspectos.

Ao perceber que os integrantes do G1 haviam finalizado a Atividade 3, a professora se dirigiu até o mesmo para perguntar: *Vocês já haviam participado desse processo [modelagem] em algum outro momento de suas vidas?* Todos eles responderam que não. Para finalizar, ela pediu que eles identificassem o que tinham achado mais difícil. Luíza respondeu que se o processo fosse individual, elas teriam dificuldade, pois cada pessoa teve uma ideia diferente. Vânia concordou e complementou que foi difícil começar a pensar no funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante. Daniela concordou com Vânia e completou dizendo que foi difícil passar para o papel o que elas estavam imaginando.

Antes de a professora finalizar a Atividade 3, PQ2 conversou com o grupo:

PQ2: Na Atividade 2, vocês tiveram que testar o modelo de vocês, certo? E agora vocês estão tentando aplicar esse modelo em uma outra situação: caixa eletrônico. Vocês acham que o teste é importante? Por quê?

Luíza: Sim, para ver se ele [modelo] funciona e o que está faltando na [no modelo da] máquina.

Vânia: Para que haja uma evolução, por exemplo, a evolução dos computadores e dos celulares.

Daniela: Se fosse para explicar o funcionamento do caixa eletrônico, seria mais fácil se comparado a explicar o funcionamento da máquina

de vender latas de refrigerante.

PQ2: *Agora?*

Daniela: *Não, desde o início.*

Luíza e Vânia: *Não, só agora seria mais fácil. Pois já vivenciamos todo o processo.*⁴⁶

Para finalizar a Atividade 3, a professora retomou todo o processo vivenciado pelos estudantes:

Vocês criaram um modelo, vocês testaram esse modelo e agora vocês aplicaram esse modelo em uma situação diferente. Qual era o objetivo desta última atividade? Verificar a abrangência e as limitações de seus modelos, ou seja, o modelo fica adequado quando eu penso em outras situações? Sim? Não? Em partes? Em quais partes? O objetivo dessa atividade não foi que vocês reformulassem seus modelos e sim que percebessem se seus modelos eram abrangentes ou se eram limitados.

Para complementar, ela ressaltou que, caso o modelo proposto pelos estudantes não fosse capaz de explicar o funcionamento do caixa eletrônico, não significava que ele seria invalidado e sim que ele era capaz de explicar apenas o funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante, ou seja, era limitado àquele propósito. Além disso, destacou que, caso algum modelo explicasse o funcionamento básico de ambos, máquina de vender latas de refrigerante e caixa eletrônico, isto não significaria que ele seria melhor do que os demais, e sim que ele era mais abrangente se comparado a um outro modelo que explicava, por exemplo, apenas o funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante.

Após a professora finalizar a Atividade 3, PQ2 perguntou aos estudantes se poderia fazer alguns questionamentos sobre o processo vivenciado por eles ao longo das Atividades 1, 2 e 3. Com a concordância dos estudantes, seguiu-se o seguinte diálogo:

PQ2: *Se vocês tivessem que explicar para um colega de outra sala o que vocês fizeram ao longo das Atividades 1, 2 e 3, de maneira geral, como vocês explicariam se tivessem que resumir o passo a passo do processo que vocês vivenciaram?*

Luíza: *É complicado...*

Daniela: *Modelos, construção de modelos...*

⁴⁶ A conversa foi interrompida pela professora para que ela pudesse finalizar a Atividade 3.

- G1⁴⁷: *Pensar; discutir as ideias para chegar a um consenso; apresentar...*
- Luíza: *Vimos que tinha defeitos ao testar o modelo e modificamos o modelo.*
- Vânia: *Voltamos lá atrás, mas foi mais fácil, pois já tínhamos pensando em muitas coisas antes.*
- Luíza: *Comparamos o modelo.*
- PQ2: *E o que vocês acharam desse processo? Vocês acharam fácil?*
- Daniela: *Achei muito legal, gostei muito. Não achei fácil, pois exige mais da gente. Mas, assim é bem mais dinâmico, mais fácil de aprender.*
- Vânia: *A gente tem que colocar a cabeça para funcionar, é muito diferente e o tempo voa.*
- PQ2: *Depois de vivenciarem este processo, qual imagem vem à cabeça de vocês quando eu falo a palavra cientista?*
- Vânia: *Que o cientista não necessariamente precisa ter o cabelo daquele jeito [branco e alto – como a Luíza havia respondido].*
- Natanael: *É isso, é verdade! Meu conceito de cientista mudou bastante. Eu, agora, o vejo como uma pessoa normal, sem ter um jeito meio louco e destrambelhado, sem obsessão por descobrir coisas.*
- PQ2: *Vocês se consideram cientistas?*
- Luíza: *Eu acho legal...*
- G1: *Legal...*
- Natanael: *Eu pretendia ser um quando eu era pequeno.*
- PQ2: *E por que você mudou de ideia?*
- Natanael: *Porque eu descobri novas áreas de trabalho.*

Enquanto PQ2 conversava com os integrantes de G1, PQ1 e PQ3 entregaram a Atividade 4 para os estudantes. Na sequência, a professora ressaltou que a elaboração de um desenho não era a única forma de representar um modelo porque um modelo poderia ser representado de diferentes modos como, por exemplo, a escrita e a explicação verbal. Naquele instante, ela fez um *link* com a próxima atividade ao dizer:

É exatamente isso que vocês irão perceber na Atividade 4. Agora, vocês irão abandonar a máquina de vender latas de refrigerante, contexto cotidiano, e vão para outro contexto: o científico. Para começar, vocês vão analisar o papel das representações para o fenômeno de dissolução do sal em água.

⁴⁷ Usamos a sigla G1 nos diálogos todas as vezes em que todos os integrantes do grupo responderam simultaneamente.

Os dados referentes a esta e às demais atividades que constituem a Modelagem Científica são apresentados no próximo tópico.

5.2.2 Modelagem – Contexto Científico

Como destacado anteriormente, as atividades do EFM envolvendo um contexto científico tinham como objetivo discutir conteúdos científicos a partir da análise do comportamento de diferentes objetos plásticos quando submetidos à tentativa de serem dobrados e ao aquecimento.

Na Atividade 4 (O papel das representações – apresentada nos Apêndices), os estudantes tinham que avaliar a abrangência e as limitações de outros modos de representação, ou seja, as vantagens e as desvantagens do uso de cada um deles, bem como compreender quando eles podem ser utilizados e porquê. Essa atividade, teve como objetivo facilitar a execução das próximas, visto que elas também iriam envolver a representação de fenômenos. Portanto, as questões foram direcionadas para que os estudantes compreendessem a existência de vários modos de representação para explicar um mesmo fenômeno, porém de maneiras diferentes.

Ao receber a atividade, Vânia falou: *Essa é difícil!* Em seguida, os integrantes do grupo discutiram a questão 1 (Explique o que cada Representação (I, II e III) consegue ou não explicar sobre o fenômeno de dissolução do sal em água), chegaram a um consenso e registraram suas respostas:

Representação I – *Uma representação superficial, não tão detalhada.*

Representação II – *Fórmula estrutural dos **compostos**⁴⁸ da água e cloreto de sódio.*

Representação III – *Mostra as **moléculas** da água e do sal se misturando.*

Na sequência, os integrantes do grupo começaram a discutir a questão 2 (Todas

⁴⁸ Os termos compostos e moléculas foram destacados em negrito devido ao uso inadequado por parte dos estudantes. A resposta esperada para a Representação II seria: representação da geometria molecular para a substância água e representação dos íons Na^+ e Cl^- por meio dos símbolos utilizados para representar os elementos na tabela periódica e suas respectivas cargas. A junção dessas representações, evidenciam a molécula de água envolvendo os íons. No caso da Representação III, a resposta esperada seria: representação de partículas de água e representação de partículas do composto iônico, cloreto de sódio. A junção dessas representações evidencia as partículas de água envolvendo as partículas de cloreto de sódio.

as representações cumprem o objetivo de representar o fenômeno de dissolução do sal em água da mesma maneira? Por quê?). Naquele momento, PQ3 fez uma rápida intervenção com o objetivo de fazer alguns questionamentos, relacionados às representações, que pudessem ajudar os integrantes do grupo a refletir sobre o objetivo da questão. Após a intervenção da pesquisadora, os estudantes discutiram, chegaram a um consenso e registraram sua resposta:

Não, são maneiras diferentes, sendo uma mais detalhada que a outra.

Para os integrantes do grupo, a Representação I era muito geral, um copo com um líquido qualquer; a Representação II era a mais detalhada, pois mostrava a fórmula estrutural e cargas; e a Representação III era a mais didática.

Após a realização do registro da questão 2 por parte dos estudantes, PQ2 também fez uma rápida intervenção para ter certeza de se os mesmos haviam compreendido o objetivo da atividade, além de ressaltar a mudança de contexto já apontada pela professora no início da atividade.

Posteriormente, os integrantes do grupo discutiram a questão 3 (Quais aspectos do fenômeno de dissolução do sal em água as representações não levam em consideração?), chegaram a um consenso e registraram suas respostas:

Representação I – *A fórmula estrutural e as **moléculas***⁴⁹.

Representação II – *A parte externa e a **interação entre as moléculas**.*

Representação III – *A parte externa e a fórmula estrutural.*

Logo após, os estudantes discutiram a questão 4 (Se você precisasse explicar o fenômeno de dissolução do sal em água para um colega, qual representação utilizaria? Por quê?). Apesar de concordarem que a Representação II era mais ampla, no sentido

⁴⁹ O termo moléculas e parte da resposta relacionada à representação II – a interação entre as moléculas – foram destacados em negrito devido ao uso inadequado por parte dos estudantes. Os integrantes do grupo nomearam tudo como molécula, isto é, para eles compostos iônicos como, por exemplo, o cloreto de sódio, também são moléculas. Os estudantes não entenderam que o que eles nomearam como fórmula estrutural [geometria molecular – Representação II] estava representando uma molécula de água, assim como a bolinha clara [Representação III] também estava representando uma molécula de água [o mais adequado seria partícula de água]. A evidência disso é que eles responderam que na Representação II a interação entre as moléculas não foi levada em consideração, entretanto, se eles consideravam os íons como moléculas, há interação entre as moléculas nas Representações II e III.

de levar em consideração mais aspectos se comparada às demais, como, por exemplo, geometria molecular e íons, a mesma era mais complexa. Por isso, eles chegaram a um consenso de escolher a Representação III, registrando a seguinte resposta:

A Representação III, por mostrar a interação entre os dois [sal de cozinha e água] e ser mais fácil de entender.

Ao ler a questão 5 (Dê um exemplo de situação em que cada representação pode ser utilizada), Vânia falou: *Nossa, essa parece ser difícil!* Em seguida, os integrantes do grupo chamaram PQ2, dizendo que não haviam compreendido a questão. Visando ajudá-los, a pesquisadora leu a questão em voz alta e deu alguns exemplos. Imediatamente após, PQ3 também foi até o grupo e fez alguns questionamentos com o objetivo de ajudar os estudantes a elaborar uma explicação para que, posteriormente, eles pudessem redigir suas respostas. Mas, ainda assim, os estudantes estavam com dificuldade e chamaram a professora que, também, leu a questão e, assim como PQ2 e PQ3, deu alguns exemplos e fez alguns questionamentos sobre os mesmos.

Após a intervenção da professora, os integrantes do grupo voltaram a discutir. Luíza falou que a Representação I poderia ser utilizada para representar um copo de suco. Vânia discordou de Luíza e falou que se tratava de um sistema constituído de água e sal. Mas, naquele momento, Vânia se lembrou e falou: *...mas, é uma representação.*

Inicialmente, os integrantes do grupo registraram que a Representação I representava um sistema homogêneo, por exemplo, suco; e que a Representação II poderia representar a água do mar. Entretanto, eles estavam inseguros com suas respostas e chamaram a professora. Visando ajudá-los a compreender e elaborar uma explicação para que, posteriormente, eles pudessem redigir suas respostas, a professora leu a questão juntamente com eles e, em seguida, fez várias questões:

O que é um sistema homogêneo?

Em que situação eu posso utilizar essa representação?

Eu posso utilizar a Representação I para explicar um sistema homogêneo?

A representação I ajuda a explicar que água e sal conduz eletricidade?

Como eu posso explicar isso?

Qual representação me ajudaria? Por quê?

Vânia respondeu que era a Representação II, pois era a única que considerava cargas [íons]. Durante os questionamentos, a professora destacou que a Representação I estava no nível macroscópico, ou seja, era algo possível de ser visto a olho nu, mas não ajudava a explicar o fenômeno. Por outro lado, as representações II e III estavam no nível submicroscópico, ou seja, evidenciavam aspectos que não podiam ser vistos a olho nu, mas que ajudavam a explicar o fenômeno.

Após a intervenção da professora, os integrantes do grupo modificaram parte da resposta para a Representação I, a resposta para a Representação II, e registraram a resposta para a Representação III. A seguir, o registro das respostas:

Representação I – *Mostra um sistema homogêneo, mostrando para uma criança.*

Representação II – *Através dos íons pode-se perceber que conduz eletricidade, para um estudo.*

Representação III – *Interação da água e sal, pode ser usada para explicar para jovens e crianças, de uma maneira mais fácil para [explicar a] solução [de] sal e água.*

Para finalizar a Atividade 4, a professora ressaltou que o objetivo da atividade era que os estudantes compreendessem que existem diferentes modos de representar um mesmo fenômeno. Dando continuidade, ela discutiu com eles o que cada representação dava conta ou não de explicar e, simultaneamente, lembrou o fenômeno de dissolução do sal em água. Ela ressaltou, ainda, que para conseguir explicar um fenômeno, era necessário recorrer ao nível submicroscópico, ou melhor, transitar do nível macroscópico para o nível submicroscópico. Para justificar tal afirmativa, ela falou: *Se eu ficar só no que vejo, eu não consigo explicar o que está acontecendo. É preciso ir além do que vemos!* Para finalizar, ela lembrou algumas propriedades do cloreto de sódio para colocar em evidência a Representação II, pois alguns estudantes haviam falado que ela era a mais completa porque dava conta de explicar a condução de eletricidade. Entretanto, um dos grupos ressaltou que a mesma tinha um problema, pois não dava conta de representar o movimento dos íons. Diante disso, a professora questionou: *Como eu faço? Que tipo de modelo eu posso usar?* Além disto, ela lembrou que modelo não era apenas o que estava no papel, ou seja, que não era apenas o que estava desenhado. Os estudantes não conseguiram responder as perguntas feitas pela professora e a mesma pediu que eles continuassem a pensar, pois mais adiante

eles conseguiriam responder. Apesar de não terem conseguido responder as perguntas naquele momento, a professora criou uma situação que oportunizou que eles avaliassem a abrangência e as limitações das representações, quando elas podiam ser utilizadas e por quê.

Após a professora finalizar a Atividade 4, ela destacou que daquele momento em diante os estudantes iriam trabalhar com a temática plásticos, ou seja, aquele seria o tema principal das atividades. Ela falou, ainda, que eles iriam trabalhar a importância, o uso, as vantagens e desvantagens e as características dos objetos plásticos presentes no cotidiano. Ela também relembrou a origem dos plásticos [conteúdo discutido no 2º dia de ambientação] para falar sobre a constituição dos mesmos. Ao fazer isso, ela explicou que os plásticos são constituídos por moléculas muito grandes que são chamadas de macromoléculas.

Enquanto a professora finalizava a Atividade 4, as pesquisadoras entregaram a Atividade 5 para os estudantes. Em seguida, a professora leu a atividade e ressaltou que seria importante que eles preenchessem o quadro com as informações de todos os integrantes do grupo e que não era necessário preencher a folha toda, isto é, frente e verso.

Na Atividade 5 (Pensando sobre os plásticos – apresentada nos Apêndices), os estudantes tinham que preencher um quadro listando todos os objetos plásticos que usavam ao longo de um dia. Essa atividade teve como objetivo direcionar a atenção dos estudantes para a temática plásticos, bem como favorecer a reflexão dos mesmos sobre a importância desses, levando em consideração a quantidade de objetos plásticos utilizados por eles no cotidiano, assim como as vantagens e desvantagens do uso de tais objetos.

Os estudantes começaram a listar todos os objetos plásticos que usavam ao longo de um dia. Para cada objeto, eles registraram a quantidade utilizada, a finalidade do uso e o destino após utilização. O quadro 5.2 apresenta as respostas do G1:

Quadro 5.2 – Registro da identificação do objeto, quantidade utilizada, finalidade do uso e destino após utilização de G1.

Objeto	Quantidade utilizada	Finalidade do uso	Destino dado após utilização
<i>Escova de dente</i>	<i>1</i>	<i>Escovar os dentes</i>	<i>Guardar</i>
<i>Chinelo</i>	<i>1 par</i>	<i>Proteger os pés</i>	<i>Guardar</i>
<i>Pasta de dente</i>	<i>1</i>	<i>Limpar os dentes</i>	<i>Guardar</i>
<i>Sacolas</i>	<i>Várias</i>	<i>Carregar alimentos e objetos</i>	<i>Reutilizar</i>
<i>Caneca</i>	<i>1</i>	<i>Colocar líquido</i>	<i>Guardar</i>
<i>Caneta</i>	<i>3</i>	<i>Escrever</i>	<i>Guardar</i>
<i>Garrafa de refri [sic]</i>	<i>Várias</i>	<i>Adquirir o líquido</i>	<i>Lixo</i>
<i>Óculos</i>	<i>1</i>	<i>Melhorar a visão</i>	<i>Guardar</i>
<i>Vasilha</i>	<i>Várias</i>	<i>Colocar alimentos</i>	<i>Guardar</i>
<i>Capa de celular</i>	<i>1</i>	<i>Proteger o celular</i>	<i>Lixo</i>
<i>Embalagem de alimentos</i>	<i>Várias</i>	<i>Recipiente de alimento</i>	<i>Lixo</i>
<i>Mangueira</i>	<i>1</i>	<i>Levar água para um ambiente</i>	<i>Guardar</i>
<i>Bancos</i>	<i>4</i>	<i>Assento</i>	<i>Guardar</i>
<i>Carregador</i>	<i>1</i>	<i>Carregar o celular</i>	<i>Guardar</i>
<i>Fone de ouvido</i>	<i>1</i>	<i>Transmitir o som</i>	<i>Guardar</i>
<i>Bolsa</i>	<i>1</i>	<i>Guardar objetos</i>	<i>Guardar</i>
<i>Sapatos</i>	<i>Vários</i>	<i>Proteger os pés</i>	<i>Guardar</i>
<i>Vidro de cola</i>	<i>1</i>	<i>Colar</i>	<i>Guardar/Lixo</i>
<i>Ventilador</i>	<i>1</i>	<i>Ventilar o lugar</i>	<i>Guardar</i>
<i>Mesa</i>	<i>1</i>	<i>Apoiar</i>	<i>Guardar</i>
<i>Fio</i>	<i>Vários</i>	<i>Passar energia</i>	<i>Guardar</i>
<i>Secador</i>	<i>1</i>	<i>Secar o cabelo</i>	<i>Guardar</i>
<i>Brinquedo</i>	<i>Vários</i>	<i>Diversão para as crianças</i>	<i>Guardar/Lixo</i>

Fonte: Autoria dos estudantes.

Após os estudantes terminarem de preencher o quadro 5.2, a professora discutiu a Atividade 5. Para isso, ela perguntou quais objetos plásticos eles usavam ao longo de

um dia e usou o quadro branco para registrar as respostas. Naquele momento, a professora aproveitou para enfatizar o fato de a maioria dos estudantes ter em suas casas uma sacola maior cheia de sacolas comuns de supermercado e a quantidade de produtos eletrônicos, que eles tinham e usavam que possuíam em sua constituição o material plástico. Em seguida, ela perguntou: *Quais as vantagens dos plásticos?* Os estudantes responderam que uma das vantagens de objetos constituídos de material plástico era o fato de os mesmos não quebrarem. Para complementar, a professora deu o exemplo da substituição da garrafa de vidro pela de plástico com a finalidade de armazenar líquidos como, por exemplo, refrigerantes. Para complementar o exemplo, os estudantes falaram que a produção da garrafa de plástico é mais econômica e que a mesma é mais fácil de ser transportada se comparada à garrafa de vidro, devido ao fato de ela ser mais leve e não quebrar, e que o material plástico é isolante térmico.

Durante a discussão das vantagens que os materiais plásticos apresentam, alguns estudantes apontaram também algumas desvantagens como, por exemplo, a quantidade de lixo produzido, visto que em quase todos os objetos que usamos no nosso cotidiano existem partes plásticas e que nem todo material plástico pode ser reciclado.

Após a discussão sobre as vantagens e desvantagens que os materiais plásticos apresentam, a professora perguntou: *Será que os plásticos serão substituídos por outro material algum dia?* Alguns estudantes responderam que sim e outros que não. Naquele momento, ela aproveitou para lembrar a origem dos plásticos [conteúdo também discutido no 2º dia de ambientação], ou seja, ressaltar que se tratava de uma fonte não renovável. Diante dessa afirmação, a professora perguntou: *O que pode ser feito com os materiais plásticos?* De maneira geral, os estudantes responderam que os mesmos poderiam ser substituídos, reutilizados, reciclados e seu uso reduzido.

Para finalizar, a professora falou que a Atividade 5 tinha como objetivo que os estudantes tomassem consciência de que a utilização excessiva de materiais plásticos é um problema real. Portanto, a partir daquele momento, eles iriam analisar o comportamento de alguns objetos plásticos utilizados em seu cotidiano. Em seguida, as pesquisadoras entregaram a Atividade 6 para os estudantes.

Na Atividade 6 (Características de diferentes objetos plásticos – apresentada nos Apêndices), os estudantes tinham que realizar previsões e testes para dois pedaços de objetos plásticos: sacola comum de supermercado e carcaça de TV antiga, quando submetidos à tentativa de serem dobrados. Essa atividade se relaciona à obtenção de informações que possam auxiliar os estudantes na etapa de *criação* do proto-modelo.

A professora passou no grupo para ter certeza de que os estudantes haviam compreendido o objetivo da atividade. Um pouco depois, PQ1 e PQ3 fizeram a mesma coisa. Logo após, os integrantes do grupo registraram suas ideias como apresentado no quadro 5.3.

Quadro 5.3 – Previsões antes da tentativa de dobrar os objetos.

Objetos	Previsões
Sacola	<i>Dobrará.</i>
Carcaça de TV	<i>Ela irá quebrar, amassar ou manter instável.</i>

Fonte: A autoria dos estudantes.

Após o preenchimento do quadro 5.3, os estudantes discutiram a questão 1 (Como você justifica suas previsões?), chegaram a um consenso e registraram suas respostas:

Sacola – Porque a sacola é flexível, dobrável.

Carcaça de TV – O material é mais resistente, duro e mais forte.

Após ter certeza de os estudantes terem realizado as previsões, a professora forneceu os objetos plásticos, pedaço de sacola comum de supermercado e pedaço da carcaça de uma TV antiga, para que eles realizassem os testes.

De posse dos objetos plásticos, os estudantes tentaram dobrá-los. Naquele momento, PQ3 passou pelo grupo para saber o que eles haviam observado ao realizarem os testes. Em seguida, os integrantes do grupo registraram suas observações como apresentado no quadro 5.4.

Quadro 5.4 – Observações após tentativa de dobrar os objetos.

Objetos	Observações
Sacola	<i>Fácil de dobrar.</i>
Carcaça de TV	<i>Muito resistente, duro, o que gera uma dificuldade para dobrá-lo.</i>

Fonte: A autoria dos estudantes.

Após o preenchimento do quadro 5.4, os estudantes discutiram as questões 2 e 3 (Suas previsões se concretizaram? Por quê? e A sacola e a carcaça de TV tiveram o mesmo comportamento? Por quê?, respectivamente), chegaram a um consenso e registraram suas respostas:

Questão 2 – Sim. Pois de acordo com nossas discussões, a sacola dobrou facilmente ao contrário da carcaça de TV que teve maior resistência e seu material é mais duro.

Questão 3 – Não. Pois a sacola dobrou de uma maneira mais fácil e a carcaça de TV por ser composta por um material mais duro foi mais resistente a dobra de forma que não foi possível dobrá-la.

Por se tratar de uma atividade simples, a professora optou por não a discutir. Como faltavam poucos minutos para a aula acabar, a professora optou por não entregar a Atividade 7. Entretanto, ela e as pesquisadoras passaram pelos grupos e solicitaram aos estudantes que pensassem em como explicar os diferentes comportamentos observados para os pedaços de sacola e de carcaça de TV ao realizar os testes com tais objetos.

PQ1 passou em G1 e, ao ver o registro feito pelos estudantes após tentativa de dobrar os objetos, ocorreu o seguinte diálogo:

PQ1: Por que é possível dobrar a sacola e o mesmo não é possível para a carcaça de TV?

Vânia: A diferença de comportamento da sacola se comparada à carcaça de TV está associada à composição desses objetos.

Natanael: Essa diferença está associada à massa dos objetos.

Vânia: A resistência [baseada no ato de conseguir dobrar ou não os objetos] depende da finalidade do uso desses objetos.

Com base nessas respostas, PQ1 lembrou que aqueles objetos plásticos eram constituídos por macromoléculas [informação que havia sido dada pela professora no

final da Atividade 4] e solicitou que os estudantes tentassem desenhar como eles imaginavam cada um daqueles objetos plásticos pensando em átomo, molécula e macromolécula, ou seja, com base no que eles haviam discutido durante aquela intervenção. Ela também sugeriu que os estudantes dessem um *superzoom* [transitassem do nível macroscópico para o submicroscópico] no momento em que fossem desenhar.

Com relação às ideias apresentadas pelos integrantes do grupo durante a intervenção seguiu-se o diálogo:

Natanael: *As moléculas que constituem a sacola são mais separadas do que as que constituem a carcaça de TV. Seria algo parecido com o gelo que possui moléculas de água mais próximas e que isso contribui para que ele seja duro.*

Vânia: *Apesar de os dois objetos serem constituídos por plástico, eles podem não ser constituídos pelas mesmas moléculas.*

Natanael [discordando]: *A sacola e a carcaça de TV podem ser constituídas pelas mesmas moléculas, no entanto essas moléculas estão dispostas de maneira diferente.*

Luíza: *Essa maneira diferente poderia estar associada ao processo de fracionamento do petróleo, o qual ocorre a diferentes temperaturas de ebulições [conteúdo discutido no 2º dia de ambientação]. Talvez isso explicaria o fato de os objetos plásticos terem apresentado comportamentos diferentes.*

Para finalizar, PQ1 falou que os estudantes haviam apresentado várias ideias (por exemplo, a diferença ou não na composição; a diferença de massa; a proximidade ou não entre moléculas; a finalidade do uso; e o processo de fracionamento do petróleo) sobre o porquê de a sacola e a carcaça de TV terem apresentado diferentes comportamentos frente ao teste realizado. Por fim, ela solicitou que os estudantes refletissem sobre qual daquelas ideias fazia mais sentido.

Logo após a intervenção realizada por PQ1, PQ3 passou no grupo e perguntou: *A sacola e a carcaça de TV são constituídas por compostos orgânicos ou inorgânicos?* Os estudantes responderam que tais objetos eram constituídos por compostos orgânicos. Em seguida, ela perguntou: *Quais são os tipos de átomo que geralmente estão presentes nos compostos orgânicos?* Os estudantes não conseguiram lembrar [apesar de a professora ter discutido esse conteúdo no 2º dia de ambientação]. Diante da dificuldade apresentada por eles, PQ3 destacou que geralmente os compostos

orgânicos são constituídos por átomos de carbono e hidrogênio. Na sequência, ela perguntou:

Por que os objetos apresentaram diferentes comportamentos se ambos eram compostos orgânicos? Ou seja, provinham da mesma matéria-prima, o petróleo. Isto é, eram constituídos pelos mesmos tipos de átomos.

Diante deste questionamento, os estudantes permaneceram com duas de suas ideias apresentadas anteriormente: a diferença de massa e a proximidade ou não entre átomos. Apesar de eles terem falado anteriormente sobre a proximidade ou não entre as moléculas dos objetos plásticos, neste momento eles se referiram aos átomos. Com o intuito de compreender melhor suas ideias, PQ3 perguntou: *Faz sentido pensar na proximidade ou não entre átomos, sabendo que ambos os objetos possuem os mesmos tipos de átomos?* Os estudantes avaliaram que essa ideia não fazia muito sentido. Nas palavras de Luíza: *Ambos os objetos são constituídos por macromoléculas e elas estão mais próximas ou mais separadas.* Ao escutar o sinal que indicava o término da aula, Vânia chamou a professora e falou: *Poxa professora, eu queria saber a discussão antes de ir para o recreio.* Luíza complementou: *Tô [sic] curiosa! Vamos ter que esperar até sexta-feira, já que não tem outro jeito.*

No início da aula seguinte, as pesquisadoras entregaram a Atividade 7 para os estudantes. Em seguida, a professora relembrou a solicitação feita aos estudantes no final da aula anterior, de que pensassem em como explicar os diferentes comportamentos observados para os pedaços de sacola e de carcaça de TV ao realizar os testes com os objetos fornecidos, isto é, como explicar o fato de a sacola ser flexível e a carcaça de TV não. Imediatamente após, ela leu a atividade em conjunto com os estudantes e falou que eles deveriam propor um modelo que explicasse o que havia sido observado nos testes. Para isso, eles teriam a opção de utilizar outros materiais, por exemplo, bolinhas de isopor de diferentes tamanhos; palitos de dente; lápis de cor; massinha de modelar; entre outros, além de desenhar, como já haviam feito anteriormente. Em seguida, a professora disponibilizou tempo para que os mesmos propusessem seus modelos.

Na Atividade 7 (Tentando explicar os comportamentos de diferentes objetos plásticos – apresentada nos Apêndices), os estudantes tinham que propor um modelo para explicar, no nível submicroscópico, o que eles haviam observado na atividade

anterior após tentarem dobrar cada objeto. Para isso, era preciso que eles relacionassem as propriedades observadas macroscopicamente para a sacola e a carcaça de TV às ligações químicas e/ou interações intermoleculares presentes em suas estruturas. Além disso, eles tinham que identificar e explicar, por escrito, todas as características do modelo proposto, assim como justificar a escolha do material utilizado para a proposição do mesmo. Essa atividade se relaciona às etapas de *criação* e *expressão* do proto-modelo.

Em seguida, antes de os estudantes iniciarem a Atividade 7, Vânia leu todas as questões referentes à mesma. Na sequência, PQ3 passou no grupo e retomou alguns questionamentos feitos na aula anterior relacionados à ideia da diferença de massa. De acordo com os estudantes, o fato de a carcaça de TV ser pouco flexível poderia estar relacionado ao fato de a mesma possuir mais massa se comparada à sacola. Seguiu-se o seguinte diálogo:

PQ3: Qual objeto possui mais massa?

G1: A carcaça de TV.

PQ3: Qual objeto possuiria mais volume se ambos tivessem a mesma massa?

G1: A sacola.

PQ3: Por que a sacola possuiria mais volume do que a carcaça de TV?

Vânia: As moléculas da sacola estão mais afastadas do que as da carcaça de TV.

PQ3: Qual das ideias apresentadas desde a última aula até agora faz mais sentido?

G1: A ideia de proximidade ou não entre as moléculas.

Vânia: Existe diferença no tamanho das moléculas? Isso poderia explicar a diferença no comportamento dos objetos plásticos que estamos estudando?

PQ3: Essa ideia faz sentido sabendo que os dois objetos plásticos são constituídos por macromoléculas?

G1: Não.

A partir dessa resposta, tal ideia foi descartada. Ao final da intervenção, PQ3 solicitou que os integrantes do grupo tentassem propor um modelo que expressasse a ideia que eles tinham concluído ser mais coerente: proximidade ou não entre as moléculas.

Logo após a intervenção de PQ3, os integrantes grupo iniciaram o processo de elaboração de seu modelo, mas apresentaram dúvidas com relação à utilização dos palitos de dente. Eles não sabiam se os palitos menores seriam capazes de representar a proximidade entre as macromoléculas e se os palitos maiores seriam capazes de representar o afastamento entre as macromoléculas. Diante dessa dúvida, eles chamaram a professora.

Na tentativa de compreender o que os estudantes haviam proposto até aquele momento, a professora fez uma série de perguntas:

Professora: *O que cada bolinha de isopor representa?*

G1: *Representa a macromolécula.*

Professora: *Vocês estão considerando que a macromolécula é constituída por vários átomos?*

G1: *Sim.*

Professora: *O que o palito de dente representa?*

G1: *As ligações entre as macromoléculas, os palitos menores foram utilizados para representar a proximidade entre as macromoléculas da carcaça de TV.*

Visando esclarecer as respostas dadas pelos estudantes, a professora falou que, na verdade, o que eles queriam representar era a distância entre as moléculas. Ela também destacou que as moléculas são constituídas por um conjunto de átomos ligados quimicamente e que entre as moléculas poderia haver forças de atração, isto é, interações intermoleculares. Com base nessas informações, ela perguntou:

Professora: *O que seria mais forte, a interação entre os átomos, isto é, a ligação química, ou a interação entre as moléculas, isto é, a interação intermolecular?*

G1: *A ligação química é mais forte do que a interação intermolecular.*

Professora: *Então, os palitos entre as bolinhas de isopor representam a ligação química ou a interação intermolecular?*

Daniela: *Representam a ligação química.*

Vânia [discordando]: *Representam a interação intermolecular.*

A partir dessa discordância, a professora falou que se os palitos representassem a ligação química, o grupo estaria representando uma macromolécula. Por outro lado, se os

palitos representassem a interação intermolecular, o grupo estaria representando a interação entre macromoléculas.

G1: Então os palitos estão representando a interação entre as macromoléculas.

A professora ressaltou, ainda, que os palitos poderiam dar a ideia de ligação química e que quando eles fossem apresentar seu modelo para a turma, deveriam ressaltar que a função dos palitos era a de representar as interações entre as macromoléculas. Além disso, ela também ressaltou que apenas duas bolinhas de isopor não seriam suficientes para explicar o comportamento observado para os objetos plásticos. Os estudantes falaram que acrescentariam mais bolinhas e justificaram que o modelo possuía apenas duas bolinhas pois ele ainda estava em fase de elaboração.

Após a intervenção da professora, os integrantes do grupo deram continuidade ao processo de elaboração do modelo. Ao longo do processo, Vânia levantou a ideia de representar uma cadeia fechada com moléculas mais próximas para representar a carcaça de TV e uma cadeia aberta com moléculas mais afastadas para representar a sacola. Com base nessa ideia, os estudantes começaram a montar tais cadeias. Naquele momento, PQ2 passou pelo grupo para saber o que eles já haviam proposto.

Ao serem questionados pela PQ2, os estudantes explicaram que estavam propondo o modelo considerando a composição ser a mesma e a proximidade ou não entre as macromoléculas de ambos os objetos plásticos. A discussão prosseguiu:

PQ2: Vocês pensaram no número de moléculas presentes em uma macromolécula da sacola e da carcaça de TV?

G1: Sim, pois os objetos plásticos possuíam a mesma composição.

Natanael: Podemos utilizar bolinhas de isopor de tamanhos diferentes para diferenciar os objetos plásticos.

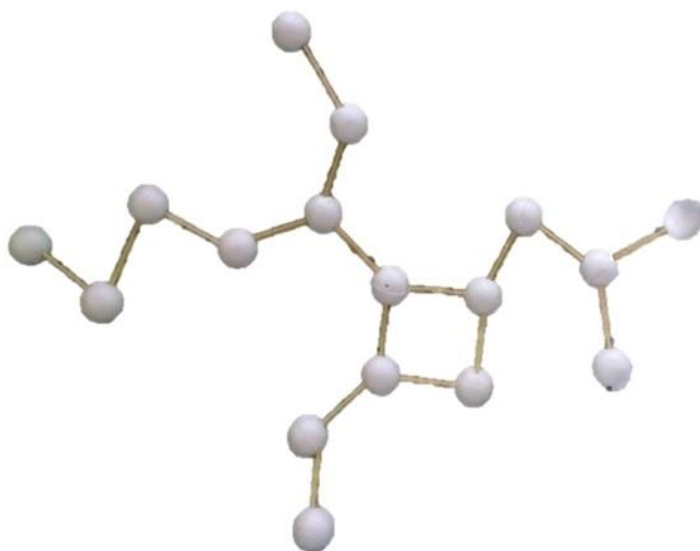
Vânia [discordando]: Isso não pode ser feito porque a composição de ambos os objetos plásticos é a mesma.

Após a intervenção da PQ2, os integrantes do grupo deram continuidade ao processo de elaboração do modelo. Ao longo do processo, eles discutiram sobre qual cor poderiam utilizar para representar as moléculas. Naquele momento, Daniela falou: *As moléculas não possuem cores. As cores utilizadas nos livros didáticos são cores fantasias e geralmente a cor laranja é a mais utilizada.* Naquele mesmo momento, PQ3

passou pelo grupo e, ao escutar a discussão, falou: *Vocês podem utilizar a massinha de modelar que é colorida para fazer as bolinhas*.

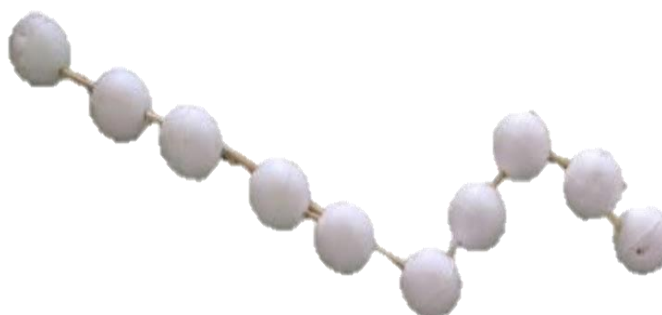
Primeiramente, os estudantes tentaram colorir as bolinhas de isopor utilizando a massinha de modelar, mais especificamente a tinta que a mesma libera ao ser manuseada, mas não obtiveram sucesso. Depois, eles tentaram cobrir a superfície da bolinha de isopor com a massinha de modelar, porém a mesma não estava grudando no material isopor. Diante dessas tentativas frustradas, eles resolveram utilizar apenas palitos de dente e bolinhas de isopor. Em seguida, propuseram os modelos concretos apresentados nas figuras 5.4 e 5.5.

Figura 5.4 – Modelo concreto proposto para explicar o comportamento observado para a sacola quando submetida à tentativa de dobrá-la.



Fonte: Autoria dos estudantes.

Figura 5.5 – Modelo concreto proposto para explicar o comportamento observado para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la.



Fonte: Autoria dos estudantes.

A partir da proposição dos modelos concretos, os estudantes discutiram a questão 2a (Independente do objeto utilizado para construir seu(s) modelo(s): Explique todas as características de seu modelo por escrito. Se necessário, faça também desenhos.), chegaram a um consenso e registraram sua resposta:

Sacola – As macromoléculas são afastadas, os palitos mostram a atração fraca, que faz com que a sacola seja flexível.

Carcaça de TV – As macromoléculas são mais próximas, com uma atração forte, que faz o plástico ficar mais firme.

Em seguida, os estudantes discutiram a questão 2b (Independente do objeto utilizado para construir seu(s) modelo(s): Justifique o motivo de ter utilizado cada material selecionado.), chegaram a um consenso e registraram sua resposta:

A bolinha para mostrar a macromolécula.

Os palitos para mostrar a atração entre as macromoléculas.

Em um momento imediatamente posterior a esta aula, PQ2 e PQ3 questionaram os integrantes do grupo sobre o motivo de eles não terem utilizado os outros materiais disponíveis como, por exemplo, lápis de cor e massinha de modelar, na proposição de seus modelos. Eles responderam que não utilizaram os lápis de cor pois não sabiam como eles poderiam ser utilizados. Com relação à massinha de modelar, eles responderam que naquele momento não haviam sentido a necessidade de utilizá-la, visto que eles utilizaram as bolinhas de isopor para representar as macromoléculas e os palitos de dente para representar as interações entre as macromoléculas. Para complementar, Vânia falou: *E também para não ficar diferente, o que poderia causar uma confusão.* Além disso, os integrantes do grupo falaram que os materiais utilizados poderiam ajudar seus colegas de turma a entender melhor os modelos propostos por eles.

Na sequência, eles discutiram a questão 3 (Usando o(s) modelo(s) que seu grupo elaborou, você consegue explicar os comportamentos observados para os dois objetos (sacola e carcaça de TV)? Em caso afirmativo, como? Em caso negativo, por quê?), chegaram a um consenso e registraram sua resposta:

Sim, pois como as macromoléculas da sacola são mais afastadas, a interação é menor, sendo assim ela é mais flexível. Já na carcaça de TV,

as macromoléculas são mais próximas e a interação é maior, tornando a carcaça mais resistente.

Com relação à questão 4 (Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais adequado para explicar os comportamentos observados para os dois objetos (sacola e carcaça de TV) nos procedimentos realizados na Atividade 6.), os estudantes discutiram e concordaram que:

Nosso modelo é bem complexo, mostra a construção dos dois modelos, suas macromoléculas e as interações entre elas.

Em uma aula posterior a esta, PQ3 perguntou aos integrantes do grupo o porquê do modelo ser bem complexo. Os estudantes responderam que os modelos propostos por eles eram mais completos e específicos porque eles representavam as macromoléculas e a intensidade das interações entre as macromoléculas para ambos objetos plásticos. Daniela complementou ao falar que tais características poderiam convencer o cliente a comprar tal modelo/projeto.

Após os estudantes terminarem a atividade, a professora solicitou que dois estudantes de cada grupo socializassem os modelos propostos pelo seu grupo para a turma. Como em aulas anteriores, ela pediu que eles prestassem atenção nas falas dos colegas, pois elas poderiam ajudar um determinado grupo a perceber se o que ele propôs era adequado ou não e/ou se o que outro grupo propôs era adequado ou não.

De posse dos modelos concretos construídos pelo G1, que foi o penúltimo a apresentar, Luíza e Sandra explicaram que:

As macromoléculas da sacola estão menos próximas se comparadas às macromoléculas da carcaça de TV. As bolinhas de isopor representam as macromoléculas de ambos os objetos plásticos e os palitos de dente as interações entre essas macromoléculas. Os palitos de dente de tamanhos maiores representam as atrações fracas e os palitos de dente de tamanhos menores as atrações fortes, entre as macromoléculas. Essas características [proximidade ou não e força das interações entre as macromoléculas] explicam a diferença de comportamento observada para os objetos plásticos [um ser flexível e o outro não].

Dos sete grupos que apresentaram seus modelos, três propuseram modelos idênticos ao proposto por G1, isto é, levaram em consideração a distância e a força das interações entre as macromoléculas. Um outro grupo propôs modelos semelhantes a

este, porém levou em consideração o número de camadas de macromoléculas além da força das interações entre as mesmas para explicar a flexibilidade ou não dos objetos plásticos. Ainda, outro grupo propôs um modelo no qual eram considerados o tamanho das macromoléculas e a presença ou não de ramificações e, conseqüentemente, a superfície de contato permitida ou não devido à presença de ramificações. Por fim, um grupo propôs modelos antagônicos aos demais, pois os integrantes do mesmo levaram em consideração a distância entre os átomos de carbono e hidrogênio para explicar os diferentes comportamentos observados para os objetos plásticos.

Imediatamente após a apresentação da dupla que representava tal grupo, PQ3 perguntou para a turma:

Vocês concordam ou não?

O que faz mais sentido: explicar os diferentes comportamentos dos objetos plásticos por meio das interações entre as macromoléculas ou das ligações químicas entre os átomos?

Alguns estudantes responderam que explicar os diferentes comportamentos dos objetos plásticos por meio das interações entre as macromoléculas fazia mais sentido, enquanto outros responderam que fazia mais sentido explicar por meio das ligações químicas entre os átomos.

Luíza [discordando]: Faz mais sentido as interações entre as macromoléculas do que entre os átomos.

Vânia: São as macromoléculas que se movimentam e não os seus átomos.

Após a intervenção de PQ3 e com base na resposta de Vânia, a professora concluiu, juntamente com os estudantes, que a mobilidade é maior entre macromoléculas do que entre átomos, pois entre os átomos existem ligações químicas, o que favorece a redução da mobilidade dos mesmos. Por fim, ela se dirigiu aos integrantes do grupo que propôs modelos antagônicos se comparado aos demais dizendo que, apesar de não existirem modelos corretos ou incorretos, se eles achassem que era necessário modificar seus modelos, que eles teriam a oportunidade de fazê-lo ao longo das próximas atividades.

O objetivo das discussões durante a socialização foi que os estudantes julgassem quais modelos eram mais coerentes e justificassem suas opções. A professora teve o

cuidado de não classificar os modelos propostos pelos estudantes como corretos ou incorretos em relação ao modelo curricular, mas avaliou a coerência do modelo frente à situação problema, aos conceitos prévios desenvolvidos em sala e aos dados coletados ao longo dos procedimentos até aquele momento.

Ao término da socialização, as pesquisadoras entregaram a Atividade 8 para os estudantes. Considerando o tempo restante até o término da aula, a professora definiu que eles realizariam somente a parte da atividade na qual iriam fazer algumas previsões e assistir ao vídeo que apresentava alguns testes com os objetos plásticos, quando submetido ao aquecimento.

Na Atividade 8 (Testando nossos modelos – apresentada nos Apêndices), os estudantes tinham que testar os modelos propostos na atividade anterior ao tentar utilizá-lo para explicar as observações relacionadas aos comportamentos da sacola e da carcaça de TV após serem submetidos ao aquecimento. Se eles conseguissem utilizar os modelos propostos para explicar as observações, teriam que expressar tal explicação e propor uma maneira de convencer os demais grupos de que tal modelo era mais adequado. Caso contrário, seria necessário reformular ou elaborar outro modelo. Além disto, de posse desse “novo” modelo, reformulado ou totalmente diferente do anterior, eles deveriam explicar e propor uma maneira de convencer os demais grupos de que o “novo” modelo era mais adequado para explicar as observações. Essa atividade se relaciona à etapa de *teste* do modelo.

PQ2 e PQ3 passaram no grupo para se certificarem de que os estudantes haviam compreendido o objetivo da atividade. Logo após, os estudantes registraram suas previsões (quadro 5.5).

Quadro 5.5 – Previsões relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento.

Objetos	Previsões antes do aquecimento
Sacola	<i>Dependendo da distância entre ambos [pedaço de sacola e fonte de aquecimento] a sacola irá enrugar, porém se ambos estiverem mais próximos a sacola irá derreter.</i>
Carcaça de TV	<i>Irá derreter apenas as bordas da carcaça de TV por ser mais resistente.</i>

Fonte: Autoria dos estudantes.

Após o preenchimento do quadro 5.5, os estudantes discutiram a questão 1 (Seu modelo anterior explica as previsões registradas no quadro 5.5? Como?) registrando sua resposta:

Sim, pois a flexibilidade da sacola faz com que ela enrugue ou derreta com mais facilidade, diferentemente da carcaça de TV, pois a sua resistência dificulta a ação do calor do fogo sob suas macromoléculas por estarem mais próximas.

As pesquisadoras e a professora passaram pelos grupos para terem certeza de que os mesmos haviam realizado e registrado suas previsões, assim como registrado a resposta referente à questão 1. PQ2 e PQ3 exibiram o vídeo que mostrava o que acontecia quando os objetos plásticos eram submetidos indiretamente ao aquecimento. Ao término do vídeo, os estudantes falaram que caso a carcaça de TV fosse submetida diretamente ao aquecimento e por mais tempo, ela “derreteria”. Então, as pesquisadoras exibiram outro vídeo, o qual mostrava o que acontecia quando aquilo era realizado. Os estudantes ficaram admirados com o fato de as pesquisadoras e a professora terem preparado esse vídeo pensando que eles poderiam fazer tal questionamento. Após o término desse vídeo, PQ3 chamou a atenção dos estudantes para a diferença entre os conceitos “derreter” e “queimar”. Primeiramente ela perguntou o que era “derreter”. Um dos estudantes respondeu que estava relacionado à mudança de estado físico. Em seguida, ela perguntou o que era “queimar”. Os estudantes não souberam responder. Diante disso, a professora falou que estava relacionado à ocorrência de transformação química.

No início da aula seguinte, a professora revisou o que havia sido feito na última aula, destacando as previsões realizadas e os testes observados nos vídeos que mostraram os objetos plásticos serem submetidos indireta e diretamente ao aquecimento. Ela também retomou alguns conceitos como macromolécula, ligação química, interação intermolecular, fusão/mudança de estado físico e decomposição/transformação química. Por fim, ela falou: *Vocês estão observando que agora vocês mesmos já estão percebendo que algumas coisas precisam ser reformuladas. Então, nós vamos reformular nessa atividade, ok?* Ela informou também que, ao final da atividade, eles tentariam obter um modelo consensual da turma. Em seguida, ela

solicitou que os estudantes dessem continuidade à Atividade 8, ou seja, que respondessem as demais questões.

Os integrantes de G1 discutiram o que haviam observado nos dois vídeos e registraram suas observações (quadro 5.6).

Quadro 5.6 – Observações relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento indireto e direto.

<i>Objetos</i>	<i>Observações antes do aquecimento</i>
Sacola	<i>A sacola encolheu após 6 segundos.</i>
Carcaça de TV	<i>A carcaça de TV não sofreu alterações de início, mas quando colocada diretamente ao fogo queimou.</i>

Fonte: A autoria dos estudantes.

Após o preenchimento do quadro 5.6, os estudantes discutiram a questão 2 (As observações realizadas após o procedimento estão de acordo com as previsões do seu grupo?) e responderam:

Somente na sacola, pois ela foi posta um pouco afastada do fogo e encolheu. Na carcaça de TV pensamos que derreteria, mas não derreteu.

Em seguida, PQ3 passou no grupo e ao ver o registro das observações dos estudantes, seguiu-se o seguinte diálogo:

PQ3: Ao propor seus modelos, vocês levaram em consideração a existência de interações entre as macromoléculas?

G1: Sim.

PQ3: O que acontece com as interações entre as macromoléculas de um objeto quando submetido ao aquecimento?

Diante do silêncio dos estudantes, ela refez a pergunta de maneira mais direta.

PQ3: O que aconteceu com a sacola quando ela foi submetida ao aquecimento?

G1: Ela “derreteu”.

Então, a pesquisadora informou que quando algo “derreteria” significava que o estado físico havia mudado.

Luíza: Quando algo é aquecido e seu estado físico muda, as moléculas

se distanciam.

PQ3: *O modelo proposto para a sacola é capaz de explicar o que aconteceu quando ela foi submetida ao aquecimento?*

G1: *Sim, pois quando a sacola é submetida ao aquecimento a mesma “derrete” e isso pode ser explicado pelo afastamento de suas macromoléculas.*

PQ3: *E a carcaça de TV, também “derrete”?*

G1: *Não, pois se a carcaça de TV “derretesse” também haveria um afastamento de suas macromoléculas.*

PQ3: *O modelo proposto para a carcaça de TV é capaz de explicar o que aconteceu quando ela foi submetida ao aquecimento?*

G1: *Não.*

Luíza: *Esse aí [apontou para o modelo da carcaça de TV], agora não!*

PQ3: *Se não são as interações entre as macromoléculas que são rompidas durante o aquecimento da carcaça de TV, o que é rompido?*

Diante do silêncio dos estudantes, ela deu continuidade e falou que se a carcaça de TV “derretesse”, o modelo proposto inicialmente para a carcaça de TV seria coerente. Porém, a carcaça de TV “queimou”, ou seja, havia ocorrido uma transformação química.

PQ3: *Então, o que está sendo rompido, são as interações entre as macromoléculas ou as ligações químicas entre os átomos, na carcaça de TV durante a “queima”?*

G1: *As ligações químicas entre os átomos.*

PQ3: *Durante a “queima” da carcaça de TV, vocês observaram algo de diferente?*

G1: *Observamos uma fumacinha preta.*

PQ3: *Vocês acham que devem reformular seus modelos?*

Luíza: *Esse aí [o modelo proposto para a carcaça de TV], né?*

Logo após a intervenção da PQ3, os integrantes do grupo deram início a uma discussão sobre o que eles utilizariam para representar as ligações químicas, uma vez que já haviam utilizado os palitos de dente para representar as interações entre as macromoléculas. Daniela, sugeriu utilizar a massinha de modelar para representar as ligações químicas.

Em seguida, PQ2 passou no grupo para saber se os estudantes tinham alguma dúvida. Luíza iniciou a discussão:

Luíza: *Interação é a mesma coisa que ligação?*

PQ2: *O que você acha? E vocês [os demais integrantes do grupo], o que acham?*

Luíza: *A ligação parece ser mais fraca.*

PQ2: *A ligação parece ser mais fraca? É isso pessoal?*

Daniela [discordando]: *Não, é o contrário.*

Naquele momento, PQ2 recorreu aos modelos propostos pelos integrantes do grupo e perguntou:

PQ2: *O que foi rompido na estrutura da carcaça de TV quando a mesma foi submetida ao aquecimento direto? Por quê?*

G1: *As ligações, pois quando a carcaça de TV foi submetida diretamente ao aquecimento, a mesma liberou uma fumacinha preta.*

PQ2 complementou ao falar que havia formado uma nova substância e para que isso acontecesse era preciso que ligações químicas entre os átomos fossem rompidas. Em seguida, ela perguntou:

PQ2: *O que foi rompido quando a sacola foi submetida ao aquecimento?*

Luíza: *Quando a sacola foi submetida ao aquecimento, o que aconteceu foi o distanciamento de suas macromoléculas.*

PQ2: *Todo mundo concorda com o que a Luíza acabou de falar?*

G1: *Sim.*

PQ2: *O modelo proposto para a sacola dá conta de explicar o que vocês observaram e acabaram de me falar?*

Luíza: *Esse dá!*

G1: *Sim.*

PQ2: *O que vocês vão fazer para o modelo proposto para a carcaça de TV dar conta de explicar o que vocês observaram?*

G1: *Ainda estamos pensando...*

PQ2 ressaltou, ainda, que nos modelos propostos pelo grupo apenas as interações entre as macromoléculas estavam representadas por palitos de dente e que as ligações químicas entre os átomos haviam sido suprimidas. Portanto, os integrantes do grupo deveriam explicitá-las, ou seja, representá-las. Para isso, ela sugeriu que eles dessem um *superzoom* na macromolécula. Diante dessa sugestão, Daniela perguntou:

Então temos que representar o que tem dentro da bolinha de isopor?

Luíza: *Isso, dentro da macromolécula.*

Daniela: *Vamos [os demais integrantes do grupo] partir a bolinha de isopor ao meio?*

Entretanto, a pesquisadora ressaltou que mesmo que a bolinha de isopor fosse partida ao meio, ainda sim as ligações químicas entre os átomos não seriam representadas, ou seja, o problema permaneceria. Ela falou, ainda, que os modelos propostos pelo grupo poderiam ser válidos se, por exemplo, eles falassem que os palitos de dente representavam as interações entre as macromoléculas na sacola e ligações químicas entre os átomos na carcaça de TV. Naquele momento, PQ3 estava próxima do grupo e ao escutar a discussão, destacou que quando eles fossem apresentar os modelos para a turma, os outros grupos poderiam ficar confusos. Em seguida, ela sugeriu que talvez eles pudessem fazer algo de diferente com os palitos de dente. PQ2 complementou ao perguntar:

Como vocês podem diferenciar um mesmo palito de dente com os materiais que foram disponibilizados?

Luíza: *Podemos colocar massinha ao redor dos palitos de dente para representar as ligações.*

A pesquisadora fez um sinal positivo com a cabeça.

A partir disso, os integrantes do grupo colocaram massinha de modelar ao redor dos palitos para representar as ligações químicas entre os átomos e diferenciá-las das interações entre as macromoléculas, que já haviam sido representadas também usando palitos. Em seguida, os estudantes fizeram bolinhas de massinha de modelar de uma mesma cor para representar os átomos e diferenciá-los das macromoléculas que já haviam sido representadas por bolinhas de isopor. Naquele momento, PQ3 passou pelo grupo e perguntou: *Quais são os tipos de átomos que estão presentes na carcaça de TV?* Eles não lembraram e então ela informou que a carcaça de TV era constituída praticamente por átomos de carbono e hidrogênio. Os integrantes do grupo chegaram a um consenso de que aqueles tipos de átomos deveriam ser representados com cores diferentes e ela concordou com eles.

Antes de os integrantes do grupo darem início à reformulação do modelo concreto para a carcaça de TV, PQ2 lhes perguntou se poderia fazer algumas perguntas sobre o processo vivenciado por eles ao longo das Atividades 6, 7 e 8. Com a

concordância dos estudantes, seguiu-se o seguinte diálogo:

PQ2: *Com relação à Atividade 6, que vocês tinham que realizar previsões antes da tentativa de dobrar os pedaços de sacola e de carcaça de TV, vocês conseguiram prever os resultados observados nos testes?*

G1: *Sim, foi fácil! Pois são objetos que manipulamos no nosso dia a dia, por isso a previsão foi tão óbvia.*

PQ2: *E essa previsão, relacionada ao comportamento da sacola e da carcaça de TV após seu aquecimento indireto e direto, que vocês tiveram que realizar agora? Vocês conseguiram prever os resultados observados nos testes exibidos em vídeo?*

Luíza: *Não, porque tipo a gente pensou... Eu tinha pensando que ia derreter muito, mas não derreteu. Ela [carcaça de TV] só... só um pouquinho na beirada.*

Daniela: *Não, como é plástico... É um plástico duro, não é?... A gente pensou que fosse derreter. Porque plástico derrete e a sacola também é plástico.*

PQ2: *E nesse caso, como vocês não conseguiram prever os resultados observados nos testes, ou seja, vocês acharam que aconteceria uma coisa, mas observaram outra, vocês acham que fazer previsões é importante? Por quê?*

G1: *Sim.*

Luíza: *É, fica mais fácil de você entender depois.*

PQ2: *E qual é a função do teste?*

G1: *Ficaram em silêncio.*

Diante do silêncio dos estudantes, a pesquisadora explicou que, naquele caso, os testes foram aqueles exibidos em vídeo. Em seguida, Luíza respondeu:

Para ver que a gente tava [sic] errada... [risos]. Porque a gente previu uma coisa e pra [sic] ver que aconteceu outra coisa.

PQ2 falou que aquilo, prever uma coisa e observar outra, era bom, pois ao realizar as previsões e em seguida os testes e os resultados não serem os mesmos que os previstos, eles tiveram que pensar em várias coisas. Então, como Luíza havia falado anteriormente, ficava mais fácil para entender depois.

PQ2: *Com relação aos testes, o que obtemos ao realizá-los e/ou observá-los como foi nesse caso?*

Vânia: *Mais informações.*

PQ2 falou que quanto mais informação os integrantes do grupo obtivessem seria melhor, pois isso os ajudaria no momento de proposição e reformulação dos modelos.

Em seguida ela perguntou:

PQ2: *Vocês concordam?*

G1: *Sim, sim.*

PQ2: *Dando continuidade, eu fiz várias perguntas sobre previsões e testes, certo? E os cientistas, vocês acham que eles fazem previsões e testes?*

Vânia: *Acredito que sim.*

Daniela: *Mas de uma forma... é...*

Luíza: *Testando, nós só tá [sic] imaginando.*

PQ2: *Mas vocês não realizaram testes não?*

Luíza: *É...*

Daniela: *Diferente...*

Vânia: *Fazem testes sim, pois como eles vão saber se as ideias deles estavam corretas ou não?*

PQ2: *É, prestem atenção na resposta da Vânia. Como os cientistas vão saber se as ideias deles estavam adequadas ou não? Vocês concordam com ela?*

G1: *Sim, sim.*

PQ2: *Os cientistas também podem mudar de ideia?*

G1: *Sim, podem.*

PQ2: *Então, será que eles sempre acertam?*

G1: *Não, né?*

PQ2: *Será que os cientistas também propõem modelos partindo de informações obtidas após a realização de testes?*

G1: *Sim.*

PQ2: *E por que será que eles fazem isso? Por que vocês estão fazendo isso?*

Luíza: *Acho que é para ver o que vai acontecer.*

Sandra: *O que aconteceu também.*

PQ2 complementou destacando que, assim como os cientistas, ao propor um modelo, elas estavam tentando explicar o que haviam observado, por exemplo, nos testes.

PQ2: *Será que os cientistas são curiosos?*

Sandra: *Sim.*

Luíza: *Procura saber o que acontece, para obter informação.*

PQ2: *Procurar saber explicar as coisas e entender como elas funcionam nos ajuda em que?*

Vânia: *Você pode ter mais conhecimento das coisas.*

PQ2: *E o que podemos fazer com esse conhecimento? Se eu souber mais sobre esse material [neste momento a pesquisadora pegou o pedaço de carcaça de TV], vai nos ajudar em que?*

Luíza: *Se eu jogar a TV antiga em alguém não vai quebrar... [risos].*

PQ2: *E o que mais vocês aprenderam ao assistir os vídeos que mostraram esse material sendo submetido ao aquecimento indireto e direto?*

Luíza: *Solta um vapor.*

Vânia: *Ele vai “queimar”, não vai “derreter”.*

PQ2: *E quais impactos isso [a queima desse material] pode trazer?*

G1: *Ambientais e na saúde também.*

Em seguida, PQ2 ressaltou a importância de saber mais sobre o comportamento daquele objeto que os estudantes estavam investigando, pois aquilo havia permitido que eles pensassem nos impactos que o mesmo poderia causar não apenas no meio ambiente, como também para o homem.

PQ2: *Vocês acham que nesse momento, durante esse processo, vocês estão atuando como cientistas ou não?*

G1: *Sim.*

Daniela: *Eu acho que sim, porque mesmo que a gente não use os mesmos meios, nós estamos fazendo com a mesma finalidade que eles, para obter informações.*

PQ2: *Agora, depois disso tudo, qual imagem vem à cabeça de vocês quando eu falo a palavra cientista? Por exemplo, ao conversarmos sobre tudo isso que acabamos de conversar.*

G1 [um completando a fala do outro]: *Uma pessoa muito inteligente, não uma pessoa fora do normal, mas tem que ser muito, muito, muito inteligente; gosta muito de estudar; tem muita paciência; aparência física normal; pode ter filhos ou não, vai depender se ele quiser.*

PQ2: *Se um dia vocês quisessem ser cientistas, vocês acham que seriam capazes?*

G1: *Sim.*

Após a intervenção da pesquisadora, os integrantes do grupo deram início à reformulação do modelo concreto para a carcaça de TV. Naquele momento, Daniela falou que ainda não estava entendendo o que era para fazer e Luíza falou que era para mostrar que os átomos se separavam, no caso da carcaça de TV. Ela também enfatizou

que eles tinham que mostrar que eram átomos ao invés de macromoléculas. Apesar das intervenções relacionadas à Atividade 8, mais especificamente com relação à reformulação do modelo concreto para a carcaça de TV, realizadas por PQ3 e em seguida por PQ2, os integrantes do grupo ainda estavam com dificuldades para reformular o modelo proposto inicialmente para a carcaça de TV. Diante da dificuldade, Sandra chamou a professora.

Os estudantes alegaram que não estavam conseguindo reformular o modelo proposto para a carcaça de TV de forma que o mesmo fosse capaz de explicar as observações relacionadas ao comportamento daquele material após o seu aquecimento indireto e direto. Portanto, a dificuldade deles era em como diferenciar interação intermolecular de ligação química e incluir essa última no modelo proposto ao longo da Atividade 7 (que havia sido proposto levando em consideração apenas as observações relacionadas ao comportamento da carcaça de TV após a tentativa de dobrá-la).

Na tentativa de ajudar os estudantes, a professora recorreu ao modelo proposto para a sacola e perguntou se o mesmo representava uma macromolécula ou várias macromoléculas. Alguns estudantes se confundiram e responderam que o modelo representava uma macromolécula. Percebendo a confusão e a falta de consenso, a professora perguntou:

Como vocês haviam explicado o comportamento da sacola e da carcaça de TV frente à tentativa de dobrá-las?

G1: Explicamos que as interações entre as macromoléculas da sacola eram fracas e as da carcaça de TV eram fortes.

Em seguida, ela lembrou que quando a sacola e a carcaça de TV foram submetidas diretamente ao aquecimento, a sacola fundiu e a carcaça de TV não.

Professora: Então, o que vocês podem me dizer sobre a intensidade das interações entre as macromoléculas de cada objeto plástico?

G1: Que as interações entre as macromoléculas da sacola são fracas e as da carcaça de TV são fortes.

Professora: Essa é a explicação para os diferentes comportamentos dos objetos plásticos com os quais vocês estão trabalhando!

Daniela concluiu que a explicação relacionada ao comportamento da carcaça de TV ao ser submetida diretamente ao aquecimento se devia à presença de ligações químicas entre as macromoléculas daquele objeto plástico. A professora chamou a atenção e falou que o foco dos modelos propostos pelo grupo era nas interações entre as macromoléculas. Em seguida, ela recorreu ao modelo proposto para a sacola e o separou em duas partes, destacando que cada parte representaria uma macromolécula. Ao fazer isto, perguntou:

O que vocês podem dizer sobre a intensidade das interações entre as macromoléculas da sacola?

G1: *Que elas são fracas.*

Professora: *E é por esse motivo que as macromoléculas da sacola podem se afastar ou se aproximar, ou seja, elas possuem certa liberdade para se movimentar.*

Em seguida, ela solicitou que os integrantes do grupo considerassem que aquelas mesmas macromoléculas, isto é, o modelo proposto para a sacola que havia sido dividido por ela em duas partes, fossem as da carcaça de TV e perguntou:

Como vocês podem representar as macromoléculas da carcaça mais próximas e difíceis de serem separadas?

Luíza: *A partir da presença de ligações entre as macromoléculas.*

Professora: *A nova estrutura, ou seja, o modelo reformulado, possibilita o movimento das macromoléculas?*

G1: *Não.*

Todavia, os integrantes do grupo ainda não sabiam ou não estavam seguros de como poderiam representar a ligação química. Portanto, o problema que surgiu desde o início da aula ainda permanecia. A partir disso, a professora pegou as duas partes do modelo proposto para a sacola e as ligou utilizando um palito de dente concluindo que, por um lado, a ideia de interação entre macromoléculas era adequada para explicar porque um objeto é muito flexível, no caso da sacola que era possível de ser dobrada. Por outro lado, aquela ideia não era adequada para explicar porque um objeto era muito rígido, no caso da carcaça de TV, que não era possível de ser dobrada. Portanto, naquela situação a ideia da presença de ligações, além das interações, fazia mais sentido. Em suma, em sua intervenção, a professora teve o objetivo de ajudar os integrantes do

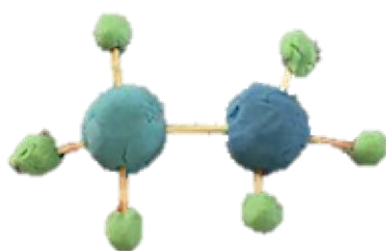
grupo a reformular o modelo concreto produzido para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV recorrendo ao modelo proposto para a sacola.

Após a intervenção da professora, os integrantes do grupo deram continuidade à reformulação do modelo concreto para a carcaça de TV. Ao longo do processo, eles tentaram colorir com lápis de cor as bolinhas de isopor que representariam os átomos e os palitos que representariam as ligações. Entretanto, eles não obtiveram sucesso, pois a cor resultante era tênue e não seria vista quando eles fossem apresentar o modelo para o restante da turma. Diante disso, eles continuaram discutindo em busca de um consenso. Durante a discussão, Luíza falou:

Nós temos que representar os átomos e as ligações presentes na macromolécula da carcaça de TV. Vamos fazer bolinhas maiores com a massinha de modelar de cor azul para representar o átomo de carbono e bolinhas menores com a massinha de modelar de cor verde para representar o átomo de hidrogênio e usar os palitos para representar as ligações entre os átomos.

Em seguida, eles reformularam o modelo concreto proposto para a carcaça de TV, produzindo o modelo apresentado na figura 5.6.

Figura 5.6 – Modelo concreto reformulado para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la e ao aquecimento direto.



Fonte: A autoria dos estudantes.

Após a reformulação do modelo concreto para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV não apenas quando submetida à tentativa de dobrá-la, mas também quando submetida diretamente ao aquecimento, os integrantes do grupo responderam às demais questões. Com relação às questões 3 (O(s) modelo(s) do seu grupo é(são) capaz(es) de explicar essas observações? Por quê?) e 4 (Em caso de

resposta afirmativa à Questão 3: Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais adequado para explicar os comportamentos observados para sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento?) eles não registraram suas respostas, visto que tais questões foram amplamente discutidas ao longo das intervenções realizadas pela professora e pelas pesquisadoras PQ2 e PQ3.

Com relação às questões 5a (Em caso de resposta negativa à Questão 3, reformule o(s) modelo(s) de modo que ele(s) consiga(m) explicar as observações. Registre seu novo modelo e responda: Como o(s) novo(s) modelo(s) é (são) capaz(es) de explicar essas observações?) e 5b (Como você convenceria os outros grupos de que seu(s) novo(s) modelo(s) é(são) mais adequado(s) para explicar o fenômeno observado.), após discutirem, os estudantes responderam:

Questão 5a – O nosso modelo para a carcaça de TV mostra os átomos nas macromoléculas e as ligações químicas.

Questão 5b – No modelo da carcaça, quando ela é exposta ao fogo, ela queima o que gera uma nova substância devido ao rompimento da ligação.

Após os estudantes terminarem a atividade, a professora solicitou que dois estudantes de cada grupo socializassem o(s) modelo(s) reformulado(s) pelo seu grupo para a turma. Como das outras vezes, ela pediu que eles prestassem atenção nas falas dos colegas, pois elas poderiam ajudar um determinado grupo a perceber a adequação ou não de cada uma das propostas apresentadas.

De posse do modelo reformulado pelo seu grupo, que novamente foi o penúltimo a apresentar, Luíza e Sandra explicaram que:

As bolinhas feitas com massinha de modelar de tamanhos diferentes e cores diferentes representam os átomos que constituem a macromolécula da carcaça de TV e os palitos de dente representam as ligações químicas.

Apesar de, em suas intervenções, PQ2 e PQ3 terem chamado a atenção para o fato de os integrantes do grupo estarem usando um mesmo material, no caso o palito de dente, para representar duas coisas diferentes, interação e ligação, eles não optaram por usar outro material ou diferenciar os palitos de dente ou, ainda, ressaltar que fizeram isso de maneira consciente durante a apresentação.

Imediatamente após a apresentação de Luíza e Sandra, ocorreu o seguinte diálogo:

Professora: *O que é separado no modelo quando a sacola é fundida?*

Luíza e Sandra: *As macromoléculas.*

Professora: *As estruturas das macromoléculas da sacola e da carcaça de TV são modificadas quando elas são submetidas ao aquecimento?*

Luíza: *Apenas a estrutura da carcaça é modificada.*

Dos sete grupos que apresentaram seus modelos, cinco deles propuseram modelos semelhantes ao proposto por G1, isto é, levaram em consideração a presença de ligações químicas entre as macromoléculas da carcaça de TV. A diferença entre um grupo e outro foi a maneira e/ou o material escolhido para representar as entidades envolvidas (por exemplo, a ligação química). Assim como G1, outros dois destes grupos usaram o palito de dente para representar tanto a interação no modelo para a sacola, quanto a ligação no modelo para a carcaça de TV. Um outro grupo, não sentiu a necessidade de reformular seu modelo para a carcaça de TV. No momento em que este grupo apresentou, a professora perguntou para a turma se havia diferença entre aquele modelo se comparado aos demais que já haviam sido apresentados. Um dos integrantes do G2 respondeu que sim e explicou que a diferença era que os outros grupos consideraram em seu modelo a presença de ligações químicas entre as macromoléculas da carcaça de TV, algo que aquele grupo não havia considerado. A professora concordou com ele e perguntou para a turma qual modo de representação ajudou na compreensão do comportamento dos objetos plásticos: a estrutura menor que representava apenas as macromoléculas ou a estrutura maior que representava os átomos de carbono e hidrogênio e as ligações entre ambos. Os estudantes responderam que a estrutura maior havia ajudado mais. Com base nas respostas dos estudantes, a professora concluiu que o modelo daquele grupo explicava parte dos comportamentos observados para a carcaça de TV, ou seja, a sua rigidez. Por outro lado, não era capaz de explicar, por exemplo, por que a carcaça de TV “queimava” e não “derretia”. Por fim, ela ressaltou novamente que não existia modelo bom ou ruim, mas sim modelo mais adequado ou menos adequado.

Ao final da apresentação de cada grupo, a professora repetia as ideias apresentadas pela dupla que estava representando o grupo para ter certeza de que as

havia entendido e para dar chance à dupla de corrigir ou completar o modo como ela expressava suas ideias. Além disso, sempre que possível, ela questionava aos estudantes de maneira a favorecer um ambiente no qual eles mesmos pudessem julgar quais modelos eram mais coerentes, assim como justificar suas ideias. Para isso, ela teve o cuidado de não classificar os modelos propostos por eles como corretos ou incorretos em relação ao modelo curricular. Pelo contrário, avaliou juntamente com eles a coerência e adequação dos modelos para explicar os comportamentos observados para os objetos plásticos que eles estavam analisando.

No início da aula seguinte, a professora lembrou o que havia sido realizado nas aulas anteriores, mais especificamente as previsões e testes realizados e/ou observados para os objetos plásticos que os estudantes estavam analisando, assim como a proposição e a reformulação de modelos que fossem capazes de explicar os fenômenos observados. Em seguida, ela ressaltou que na aula anterior os grupos haviam apresentando modelos muito bons e coerentes com os dados obtidos ao longo dos testes realizados e/ou observados com os objetos plásticos. Além disso, ela destacou que eles haviam elaborado modelos semelhantes e que isso indicava que a turma havia chegado a um modelo consensual, ou seja, um modelo que expressava a ideia da maioria dos grupos. A partir disso, ela perguntou qual foi a explicação elaborada para os comportamentos observados para cada objeto plástico. Um dos integrantes do G2 respondeu que entre as macromoléculas da sacola existia interações intermoleculares – que são fracas – e que isso explicava o fato de ela ser flexível, enrugar e “derreter”. Por outro lado, entre as macromoléculas da carcaça de TV existiam também ligações químicas que são fortes e que isso explicava o fato de ela ser rígida, amolecer e “queimar”.

Para finalizar, a professora enfatizou que aquele modelo que expressava todas as ideias discutidas e apresentadas anteriormente era o modelo consensual da turma e que eles iriam utilizá-lo para tentar explicar uma outra situação. Ela ressaltou, ainda, que caso o modelo consensual conseguisse explicar os comportamentos observados para o outro objeto plástico que eles iriam analisar, ele seria abrangente; caso contrário, ele possuiria limitações, mas isso não significava que ele deveria ser abandonado. Depois disso, ela solicitou que os grupos realizassem as previsões sobre os comportamentos de

tal objeto quando submetido à tentativa de dobrá-lo e ao aquecimento direto. Na sequência, as pesquisadoras entregaram a Atividade 9 para os estudantes.

Na Atividade 9 (Utilizando os nossos modelos em outra situação – apresentada nos Apêndices), os estudantes tinham que avaliar a abrangência e as limitações de seus modelos (naquele ponto do processo, o modelo consensual da turma) quando utilizado(s) para explicar os comportamentos observados ao submeter o pneu aos mesmos testes aos quais a sacola e a carcaça de TV haviam sido submetidos. Nessa atividade, diferentemente da Atividade 3, era necessário que os estudantes reformulassem seus modelos caso eles não fossem capazes de explicar os comportamentos observados para o novo objeto plástico a ser analisado. Essa atividade se relaciona à etapa de *avaliação* do modelo.

Imediatamente após a entrega da Atividade 9, PQ3 foi até o G1 e retomou com os integrantes do grupo os modelos propostos por eles para explicar os comportamentos observados para a sacola e para a carcaça de TV. Em seguida, ela perguntou:

O que vocês acham que vai acontecer com o pneu quando submetido à tentativa de dobrá-lo?

G1: Ele irá dobrar, porém por ser um material resistente ele não vai permanecer dobrado.

Vânia: Eu tenho certeza que isso vai acontecer, pois já vi meu pai cortando pneus.

PQ3: O que vocês acham que vai acontecer com o pneu quando submetido ao aquecimento?

Vânia: Vai depender do modo como o pneu vai ser aquecido, se vai ser indireta ou diretamente à chama.

Luíza: Também vai depender da quantidade de calor fornecida para o pneu, pois o pneu do carro não “derrete” mesmo o asfalto estando quente.

A partir dessas respostas, os integrantes do grupo concluíram que o pneu não iria “derreter”, mas que ficaria mais maleável.

PQ3: Os modelos propostos para a sacola e para a carcaça de TV dão ou não conta de explicar as suas previsões para os comportamentos do pneu frente a tentativa de dobrá-lo e de aquecê-lo?

Diante do silêncio dos estudantes, a pesquisadora retomou as previsões feitas por eles. O diálogo continuou:

Luíza: *Será que a distância entre as macromoléculas do pneu é intermediária? Ela não seria tão pequena igual entre as macromoléculas da carcaça TV e nem tão grande igual entre as macromoléculas da sacola.*

PQ3: *Então, o pneu “derrete”?*

G1: *Não.*

PQ3: *O que há entre as macromoléculas de um objeto plástico quando este “derrete”?*

Vânia: *Interações intermoleculares.*

Luíza: *Então o pneu não tem macromoléculas?*

Com base nessa resposta, PQ3 esclareceu que macromoléculas ligadas quimicamente formam uma estrutura e que esta não pode ser chamada de macromolécula, pois para ser denominada como tal deveria existir apenas a presença de interações entre as macromoléculas e não ligações químicas. Em seguida, ela perguntou:

Qual dos modelos propostos por vocês seria capaz de explicar os comportamentos observados para o pneu?

G1: *O modelo proposto para a carcaça de TV.*

Após a intervenção da PQ3, os estudantes registraram suas previsões como apresentado no quadro 5.7.

Quadro 5.7 – Previsões relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento.

Procedimento	Previsões
Tentativa de dobrar	<i>Irá dobrar, porém por ter seu material resistente ele não permanecerá dobrado.</i>
Aquecimento	<i>Não irá derreter, mas ficará mais maleável.</i>

Fonte: A autoria dos estudantes.

Após o preenchimento do quadro 5.7, os estudantes discutiram a questão 1 (O pneu terá comportamento mais parecido com o da sacola ou com o da carcaça de TV? Por quê?), respondendo:

Com o da carcaça de TV, pois ambos os materiais são mais resistentes e por terem ligações próximas dificulta o aquecimento sob as macromoléculas.

Na aula seguinte, PQ3 perguntou aos integrantes do grupo o que eles queriam dizer ao escrever que o pneu ficaria mais maleável após aquecimento. Eles responderam que o significado atribuído à palavra maleável foi “mole”, ou seja, segundo eles, o pneu não “derreteria” quando submetido indiretamente ao aquecimento, mas ficaria mais “mole”. Em seguida, ela questionou o que eles queriam dizer ao escrever *dificulta o aquecimento*. Eles responderam que o significado atribuído àquela parte da resposta era que a presença de ligações entre as macromoléculas fazia com que aqueles objetos plásticos, carcaça de TV e pneu, não “derretessem” e sim “queimassem”.

Após ter certeza de os estudantes terem realizado as previsões, PQ1 forneceu o pedaço de pneu para que eles realizassem o teste. Em seguida, PQ2 e PQ3 exibiram um vídeo que mostrava o que acontecia quando o pneu era submetido indiretamente ao aquecimento.

Depois de os estudantes terem assistido ao vídeo, a professora perguntou: *Uai, por que não saiu fumacinha preta do pneu? Os estudantes responderam: Porque ele não foi colocado diretamente na chama. Com base nessa resposta, a professora perguntou: Então, o que aconteceria com pneu caso ele fosse colocado diretamente na chama? Eles responderam: Ele “queimaria”. Naquele momento, ela perguntou: Qual é mesmo a diferença entre “queimar” e “derreter”? Eles responderam: Quando algo “derrete” é apenas uma mudança de estado físico e quando algo “queima” novas substâncias são formadas. Por fim, a professora falou que ao submeter o pneu indiretamente ao aquecimento não foi possível observar nenhuma diferença e perguntou: Caso o pneu seja submetido diretamente ao aquecimento, será possível observar alguma diferença? Os estudantes responderam que sim. Diante dessa resposta, ela falou: Vamos ver então? Em seguida, PQ2 e PQ3 exibiram o vídeo que mostrava o que acontecia quando o pneu era submetido diretamente ao aquecimento.*

Depois de os estudantes terem assistido ao vídeo, a professora perguntou o que eles haviam observado. Eles responderam que haviam observado uma fumacinha preta. Em seguida, ela perguntou: *Com qual objeto plástico o pneu apresenta comportamento similar quando submetido diretamente ao aquecimento? A partir da resposta de que era*

com a carcaça de TV, ela destacou que era necessário pensar nas semelhanças e nas diferenças dos três objetos plásticos que eles estavam investigando ao longo das últimas aulas para dar prosseguimento à atividade e conseguir responder as demais questões.

Em seguida, PQ3 se dirigiu ao G1 e perguntou:

Com base no que vocês observaram nos vídeos, há ligações químicas ou apenas interações intermoleculares entre as macromoléculas do pneu?

Luíza: *Há ligações químicas.*

PQ3: *Mas o pneu é mais flexível do que a carcaça de TV. Então, o que é diferente entre esses objetos plásticos, se eles possuem ligações químicas entre suas macromoléculas e praticamente a mesma composição?*

Vânia: *As ligações químicas presentes na carcaça de TV são mais fortes do que as presentes no pneu?*

PQ3: *Mas ambos os objetos plásticos possuem o mesmo tipo de ligação.*

Vânia: *Será que a forma como as macromoléculas estão dispostas, por exemplo, cadeia aberta ou fechada, poderia influenciar na flexibilidade dos objetos plásticos?*

PQ3: *Como a disposição das macromoleculares poderia influenciar na diferença de flexibilidade dos objetos plásticos?*

Os estudantes permaneceram em silêncio. Após alguns instantes, Daniela lembrou:

Houve formação de mais fumaça na carcaça do que no pneu.

PQ3: *O que aconteceu para formar fumaça? O que foi rompido?*

Daniela: *Ligações químicas.*

PQ3: *Mas o que aconteceu para formar fumaça?*

Vânia: *Será que é a quantidade de ligações químicas presentes nos objetos plásticos que muda?*

PQ3: *E qual dos objetos plásticos possui mais ligações químicas em sua estrutura?*

G1: *A carcaça de TV.*

PQ3: *Ter um número maior de ligações químicas contribui para que o objeto plástico seja flexível ou rígido?*

G1: *Rígido.*

A partir disso, os integrantes do grupo concluíram que na carcaça de TV havia mais ligações químicas do que no pneu. Depois disso, PQ3 solicitou que o grupo elaborasse um modelo concreto que explicasse os comportamentos observados para o pneu

quando submetido à tentativa de dobrá-lo e ao aquecimento direto levando em consideração o que eles haviam concluído.

Para proposição do modelo, Daniela sugeriu que as ligações químicas entre os átomos da carcaça de TV estivessem mais próximas dos que as entre os átomos do pneu. A partir dessa sugestão, PQ3 ressaltou que as ligações químicas eram do mesmo tamanho, visto que são entre os mesmos tipos de átomos. Com base nessa informação, os integrantes do grupo optaram por elaborar um modelo para o pneu e um outro modelo para a carcaça de TV (diferente do apresentado na figura 5.6). Segundo eles, isto poderia facilitar o entendimento dos colegas no momento em que eles fossem apresentar os “novos” modelos propostos para o restante da turma. Tais modelos seriam baseados no modelo proposto para a carcaça de TV na Atividade 8 (figura 5.6), porém existiriam mais átomos no modelo da carcaça de TV (6 átomos) e menos átomos no modelo do pneu (4 átomos). Dessa maneira, segundo os estudantes, daria para mostrar que a quantidade de ligações químicas era maior no modelo proposto para a carcaça de TV se comparado ao modelo proposto para o pneu.

Após a intervenção da PQ3, os estudantes registraram suas observações como apresentado no quadro 5.8.

Quadro 5.8 – Observações relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento indireto e direto.

Procedimento	Previsões
Tentativa de dobrar	<i>Ocorreu de acordo com as nossas previsões feita no quadro 5.7.</i>
Aquecimento	<i>Apenas queimou e não derreteu.</i>

Fonte: Autoria dos estudantes.

Após o preenchimento do quadro 5.8, os estudantes discutiram a questão 2 (As observações feitas a partir do procedimento realizado e observado em vídeo estão de acordo com as previsões do seu grupo?) e responderam:

Sim, o pneu não derreteu, porém ele queimou, o que não tínhamos previsto.

Em seguida, eles discutiram a questão 3 (O(s) modelo(s) do seu grupo é(são) capaz(es) de explicar essas observações? Por quê?), respondendo:

Sim, pois mostra que as ligações químicas fazem com que um material seja mais resistente e o outro não. Porém temos que elaborar um novo modelo para explicar a quantidade de ligações.

Dando continuidade, os estudantes discutiram a questão 4 (Em caso de resposta afirmativa à Questão 3: Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais adequado para explicar essas observações?), chegaram a um consenso e registraram sua resposta:

Pois através do nosso modelo é possível perceber que quando o material de mesma composição possui mais ligações entre átomos de carbono, o material se torna mais resistente por esse fato de que suas ligações são mais fortes. E, quando a ligação possui um número menor, a sua estrutura fica mais fraca, o que torna o material mais flexível.

Para finalizar, os estudantes discutiram a questão 5. Na primeira parte da questão (Em caso de resposta negativa à Questão 3, reformule o(s) modelo(s) de forma que ele(s) possa(m) ser usado(s) para explicar as observações. Para isto, você pode utilizar quaisquer dos materiais disponibilizados (bolinhas de isopor, palitos de dente, lápis de cor, massinha de modelar, entre outros). Registre seu novo modelo e responda: Como o(s) novo(s) modelo(s) é (são) capaz(es) de explicar essas observações?) eles responderam:

A carcaça de TV, através de mais ligações e o pneu, com menos ligações.

Na segunda parte da questão (Em caso de resposta negativa à Questão 3, reformule o(s) modelo(s) de forma que ele(s) possa(m) ser usado(s) para explicar as observações. Para isto, você pode utilizar quaisquer dos materiais disponibilizados (bolinhas de isopor, palitos de dente, lápis de cor, massinha de modelar, entre outros). Registre seu novo modelo e responda: Caso você tenha utilizado materiais diferentes, justifique sua nova opção.), os estudantes responderam que utilizaram os mesmos materiais.

Com relação à terceira parte (Em caso de resposta negativa à Questão 3, reformule o(s) modelo(s) de forma que ele(s) possa(m) ser usado(s) para explicar as observações. Para isto, você pode utilizar quaisquer dos materiais disponibilizados (bolinhas de isopor, palitos de dente, lápis de cor, massinha de modelar, entre outros). Registre seu novo modelo e responda: Como você convenceria os outros grupos de

que seu(s) novo(s) modelo(s) é(são) mais adequado(s) para explicar essas observações?), a resposta foi:

Pois a quantidade de ligações mostra possíveis estruturas diferentes.

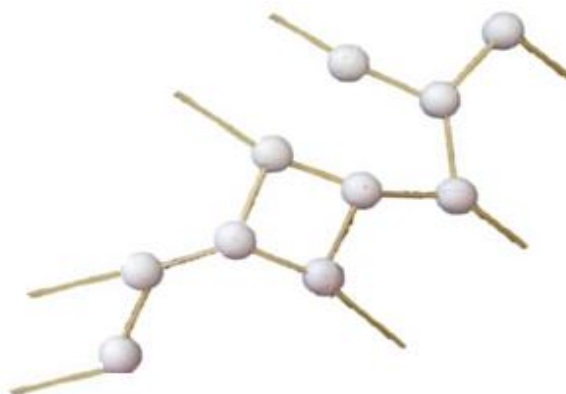
Após a realização dos registros, os estudantes dariam início à elaboração de seus “novos” modelos, mas naquele momento, PQ3 passou pelo grupo para saber o que eles já haviam desenvolvido com relação à proposição dos modelos concretos. Para tanto, ela os questionou sobre o que cada material utilizado estava representando no modelo concreto, que ainda estava em fase de elaboração, assim como a qual objeto plástico cada modelo se referia. Os estudantes responderam a todas as questões pensando nos comportamentos observados para cada objeto plástico frente à tentativa de dobrá-lo e quando submetidos diretamente ao aquecimento. Entretanto, ao responderem o que as bolinhas grande e pequena estavam representando, eles falaram que era a macromolécula e o átomo de hidrogênio, respectivamente. Então, PQ3 explicou que eles estavam confundindo macromolécula com átomo de carbono. Naquele momento, Luiza enfatizou que os átomos de carbono e hidrogênio estavam dentro da macromolécula e que era isso que eles estavam tentando representar.

A partir da fala de Luíza, PQ3 sugeriu aos integrantes do grupo que eles elaborassem estruturas maiores para a carcaça de TV e o pneu em comparação à que eles haviam elaborado para a carcaça de TV na Atividade 8. Caso contrário, não seria possível observar no modelo que a quantidade de ligações em cada objeto plástico era diferente. A partir dessa sugestão, Daniela pegou o modelo proposto para sacola na Atividade 7 (figura 5.4) e sugeriu que o mesmo poderia ser utilizado para mostrar que a estrutura era maior. PQ3 ressaltou que eles poderiam fazer isso, porém deveriam explicar o que as bolinhas de isopor e os palitos de dente representavam. Isto porque, na Atividade 7, as bolinhas de isopor representavam as macromoléculas e os palitos de dente as interações entre as macromoléculas. Os integrantes do grupo responderam que as bolinhas de isopor continuariam representando as macromoléculas e os palitos de dente representariam as ligações químicas ao invés de interações entre as macromoléculas. Daniela sugeriu, ainda, que o modelo fosse desmontado. Em seguida, PQ3 perguntou: *Desmontado ou dividido em duas partes?* Daniela respondeu: *Isso, a*

estrutura com mais palitos de dente vai representar a carcaça de TV, pois ela é mais dura e a com menos palitos vai representar o pneu, pois ele é mais maleável.

Mesmo de posse dos “novos” modelos concretos, produzidos a partir do aproveitamento do modelo proposto para a sacola na Atividade 7, os integrantes do grupo queriam elaborar os modelos que eles haviam pensando antes da intervenção de PQ3. Por isso, PQ3 perguntou: *Os modelos elaborados não são suficientes para explicar os comportamentos observados para o pneu?* Antes que eles pudessem responder, ela sugeriu que as bolinhas de isopor representassem os átomos de carbono ao invés de macromoléculas e os estudantes concordaram, visto que isso era exatamente o que eles queriam fazer antes. Assim, os estudantes finalizaram seus modelos concretos propostos para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV e para o pneu, quando submetidos à tentativa de dobrá-los e ao aquecimento direto como apresentado nas figuras 5.7 e 5.8

Figura 5.7 – Modelo concreto reformulado para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la e ao aquecimento direto v.2.



Fonte: A autoria dos estudantes.

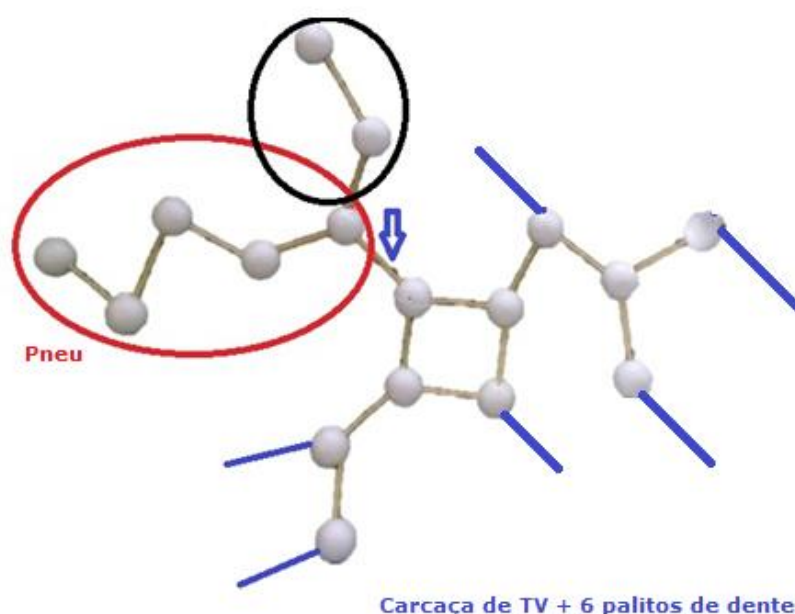
Figura 5.8 – Modelo concreto proposto para explicar os comportamentos observados para o pneu quando submetido à tentativa de dobrá-lo e ao aquecimento direto.



Fonte: A autoria dos estudantes.

Ao produzirem tais modelos, o modelo anteriormente proposto para a sacola (figura 5.4) foi dividido em três partes, sendo utilizadas apenas duas delas: uma para a carcaça de TV, na qual mais palitos (6) foram acrescentados (em azul na figura 5.9); e a outra para o pneu (parte destacada em vermelho na figura 5.9). A terceira parte (destacada em preto na figura 5.9) não foi utilizada.

Figura 5.9 – Divisão do modelo concreto proposto para explicar os comportamentos observados para a sacola quando submetida à tentativa de dobrá-la e ao aquecimento direto em dois novos modelos concretos para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV e o pneu quando submetidos aos mesmo processos.



Fonte: Autoria nossa.

Após a professora passar pelos grupos e ter certeza de que eles haviam finalizado a Atividade 9, ela falou que apesar de eles terem elaborado modelos visualmente diferentes, todos haviam pensado em uma mesma explicação para os comportamentos observados para o pneu. Diante disso, ela sugeriu fazer uma conclusão geral, ao invés de cada grupo ir até a frente da sala para apresentar seu modelo para o restante da turma.

Para tanto, ela relembrou os comportamentos observados para o pneu quando submetido à tentativa de dobrá-lo e ao aquecimento direto. Em seguida, solicitou que os estudantes explicassem por que o pneu “queimava”, como a carcaça de TV e era

flexível como a sacola. Naquele momento, ela repetiu para turma algo que um integrante do G3 havia respondido para ela durante suas intervenções: *Professora, parece que o pneu possui um comportamento intermediário.* Em seguida ela complementou tal ideia: *Ou seja, ele é flexível, mas “queima”.* Dando continuidade, ela usou como exemplo a seguinte ideia: *Para os integrantes do G5, a carcaça de TV é mais rígida devido à proximidade das macromoléculas que constituíam aquele objeto plástico e o inverso era observado para o pneu.* Em seguida, ela perguntou:

Se nós estamos falando de ligações entre átomos de carbono e hidrogênio em todos os três objetos plásticos, o que nós concluímos? O que pode fazer essas macromoléculas ficarem mais juntas ou mais separadas tem a ver com quê? Qual é a conclusão que nós chegamos? Com o número de...?

Os estudantes responderam que tinha a ver com o número de ligações químicas. Para ilustrar melhor, a professora recorreu a um dos modelos concretos elaborados pelos integrantes do G5. Ela falou que aquele modelo representava a carcaça de TV e que os integrantes do grupo precisaram fazer algumas modificações, assim como os de todos os outros grupos, para que o mesmo fosse capaz de explicar os comportamentos observados para o pneu. Para isso, os integrantes do grupo retiraram dois palitos que representavam duas ligações químicas que estavam unindo duas estruturas que representavam as macromoléculas. Em seguida, ela retirou os palitos e realizou movimentos com aquelas estruturas, destacando que as mesmas apresentavam maior liberdade de movimento devido ao número de ligações entre elas ser menor quando comparado ao modelo proposto na Atividade 8 para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV. Na sequência, ela perguntou: *É possível separar uma estrutura da outra facilmente?* Os estudantes responderam que não e ela afirmou que a presença de ligações químicas dificultava essa separação.

Dando continuidade, a professora falou que os estudantes haviam elaborado modelos concretos para explicar os comportamentos observados para os três objetos plásticos, sacola, carcaça de TV e pneu, e perguntou: *Esses modelos são capazes de explicar qualquer comportamento dos materiais plásticos?* Os estudantes responderam que não. Com base nessa resposta, ela perguntou: *Então, isso torna os modelos consensuais da turma ruins?* Novamente, os estudantes responderam que não. Ela também perguntou: *Os modelos consensuais da turma são capazes de explicar os*

comportamentos observados para os três objetos plásticos? Cumpriram o objetivo para o qual foram propostos? Eles responderam que sim. Para finalizar, ela falou que os modelos consensuais da turma eram adequados e coerentes. Em seguida, ela fez um paralelo com a Ciência e perguntou: *Será que os cientistas reformulam seus modelos?* Os estudantes responderam que sim e Luíza complementou ao falar: *As vacinas é um exemplo de que os cientistas reformulam seus modelos.* A professora complementou a resposta de Luíza: *As vacinas são testadas, aprimoradas e podem ser rejeitadas.* Ela ainda deu outro exemplo ao falar sobre o planeta Plutão, que era considerado planeta na década de 90. Por fim, ela concluiu juntamente com os estudantes que mesmo os modelos elaborados pelos cientistas eram reformulados.

Para fazer um *link* com a próxima modelagem, a Sociocientífica, a professora ressaltou novamente que os estudantes haviam trabalhado com três objetos plásticos que apresentaram comportamentos diferentes e que os modelos elaborados por eles tentaram explicar justamente os diferentes comportamentos. Em seguida, ela lembrou a conclusão a que a turma havia chegado na discussão da Atividade 5 (as pessoas utilizam bastante objetos plásticos) e perguntou: *Será que o fato de usarmos muitos objetos plásticos pode causar algum impacto na sociedade?* Os estudantes responderam que sim. Com base nessa resposta, ela informou que aspectos relacionados aos impactos causados na sociedade seriam discutidos naquela aula e nas posteriores.

Enquanto a professora fazia o *link* da Modelagem Científica com a Sociocientífica, as pesquisadoras entregaram a parte A da Atividade 10 para os estudantes. Naquele momento, a professora comentou:

A gente observou os comportamentos e propusemos modelos para explicá-los. Agora, vamos pensar além da Química, em outro contexto... Vamos tentar achar semelhança entre o que está no texto que constitui a Atividade 10 – Parte A e o que a gente viu.

Após a entrega do texto para os estudantes, a professora solicitou que eles escolhessem os personagens que gostariam de representar no momento da leitura conjunta. Enquanto os estudantes escolhiam, PQ2 e PQ3 perguntaram aos estudantes se poderiam fazer alguns questionamentos sobre o processo vivenciado por eles ao longo das Atividades 7, 8 e 9. Com a concordância dos estudantes, PQ2, inicialmente, revisou os modelos concretos propostos e reformulados pelos integrantes do grupo,

assim como ressaltou o objetivo da proposição e/ou reformulação de cada modelo, isto é, qual comportamento de cada um dos objetos plásticos eles buscaram explicar ao proporem e/ou reformularem seus modelos. Após a revisão, seguiu-se o seguinte diálogo:

PQ2: *Vocês conseguem explicar qualquer comportamento dos materiais plásticos com esses três modelos?* [A pesquisadora mostrou a foto do modelo proposto para a sacola – figura 5.4 – e apontou para os demais modelos carcaça de TV – figura 5.7 – e pneu – figura 5.8 – que estavam dispostos sobre a bancada]

Daniela: *Eu acho que sim...*

Vânia [discordando]: *Eu acho que não, porque o da sacola foi com interação e esses daqui [apontando para os modelos concretos propostos para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV e o pneu] já é com ligação.*

Naquele momento os integrantes do grupo chegaram à conclusão de que apesar de os materiais plásticos serem derivados do petróleo, ou seja, possuírem composição semelhante, os objetos plásticos analisados apresentavam não só comportamentos, mas também estruturas diferentes. Na sequência, o foco do diálogo mudou:

PQ3: *Vocês acham que com os cientistas acontece isso também, de eles perceberem a limitação do modelo?*

Daniela: *Creio que sim.*

PQ2: *Será que o processo vivenciado pelos cientistas é similar ao que vocês estão vivenciando?*

Vânia: *Sim, porque até mesmo se eles sempre acertassem, não ia demorar tanto tempo para elaborar um modelo.*

PQ2: *Por que não ia demorar tanto tempo?*

Luíza: *Porque eles vão testando até achar.*

Vânia: *Se as previsões deles estivessem certas, eles não iriam fazer tantos testes para chegar a uma conclusão.*

PQ3: *Então fazer testes é importante, mas vocês acham que é rápido?*

Luíza: *Não, demora.*

PQ2: *Como vocês acham que os cientistas trocam informações entre si?*

G1: *Contatinhos [sic] ... [risos]*

Luíza: *Reuniões tipo a ONU?!...*

Após a intervenção realizada por PQ2 e PQ3 e os estudantes terem escolhido os personagens que gostariam de representar, foi feita a leitura do texto conjunta e em voz

alta. Os dados referentes a esta e às demais atividades que constituem a Modelagem Sociocientífica são apresentados no próximo tópico.

5.2.3 Modelagem – Contexto Sociocientífico

Como destacado anteriormente, as atividades do EFM envolvendo um contexto sociocientífico tinham como objetivo discutir o problema do acúmulo de plásticos em uma comunidade fictícia, de modo que os estudantes precisassem recorrer aos conhecimentos científicos curriculares construídos ao longo da Modelagem Científica, bem como levar em consideração aspectos sociais, econômicos, ambientais, éticos, entre outros, para propor possíveis soluções para o problema.

A Parte A da Atividade 10 (Tentando resolver o problema do acúmulo de plásticos – apresentada nos Apêndices) se constitui de um texto que apresenta o problema do acúmulo de plásticos em uma comunidade fictícia. Tal problema é ocasionado por objetos plásticos como os analisados pelos estudantes ao longo da Modelagem Científica. Esse texto visa contextualizar o problema apresentado.

Ao término da leitura, a professora fez algumas questões:

O que vocês acharam do texto? Por quê?

O problema do acúmulo de plásticos afeta seus bairros? Como?

Assim como a aluna do texto propõe, vocês acham que a reciclagem pode ser uma boa solução para o problema do acúmulo de plásticos? Por quê?

Os estudantes responderam que gostaram do texto e alguns citaram exemplos de situações que ocorriam em seus bairros que eram similares à situação apresentada no texto. Em relação ao processo de reciclagem ser uma boa solução para o problema do acúmulo de plásticos, eles responderam que sim. Entretanto, eles ressaltaram que aquela solução possuía algumas desvantagens como, por exemplo, ser um processo caro; demandar a separação prévia do lixo; e o fato de que apenas a reciclagem não daria conta de resolver o problema do acúmulo de plásticos. A professora também perguntou o que eles achavam ser essencial para que ocorresse a reciclagem. Eles responderam que seria fundamental a iniciativa daquela comunidade em relação ao problema do acúmulo de plásticos; o trabalho coletivo; investimentos por parte do governo; conscientização da comunidade; e empresas especializadas no processo de reciclagem.

No início da aula seguinte, a professora solicitou às pesquisadoras que entregassem a Parte B da Atividade 10 para os estudantes e que os mesmos dessem início à mesma. Antes disto, porém, a professora revisou o que havia sido feito na última aula, isto é, lembrou da leitura e da discussão do texto que apresentava o problema do acúmulo de plásticos em uma comunidade fictícia. Ela perguntou se os estudantes se lembravam da solução apontada no texto por uma aluna para resolver o problema do acúmulo de plásticos. Eles não se lembraram. Então, ela disse que, no texto, a aluna havia proposto a reciclagem como solução para tal problema. Além disso, no final do texto, depois da solução apontada pela aluna, os demais alunos da escola e os presentes na assembleia decidiram se mobilizar para resolver o problema partindo da reciclagem. Naquele momento, a professora apresentou o conceito de reciclagem mecânica. Ela ressaltou, ainda, que, no cotidiano, existiam diferentes significados para a palavra reciclagem, mas que eles iriam considerar que o objeto plástico poderia ser reciclado se o mesmo pudesse ser submetido à fusão e moldado novamente.

Com o intuito de ajudá-los a compreender o conceito de reciclagem e não confundi-lo com o de reutilização, ela deu um exemplo de reutilização: a confecção de uma vassoura com tiras de garrafa PET. Na sequência, a professora ressaltou novamente a importância da compreensão do conceito de reciclagem, neste caso mecânica, para que eles pudessem realizar a atividade. Ela também chamou a atenção dos estudantes para o fato de que o modelo que eles iriam propor naquela atividade deveria ser mais amplo, se comparado aos demais modelos propostos por eles ao longo das outras atividades. Isto porque se tratava da elaboração de um modelo para solucionar o problema do acúmulo de plásticos baseado na reciclagem. Com base nessa justificativa, ela enfatizou que eles deveriam pensar em um maior número possível de detalhes para proposição de tal modelo e que eles poderiam desenhar, fazer esquema, escrever, utilizar materiais, dentre outras maneiras que eles achassem melhor.

Na Parte B da Atividade 10 (Tentando resolver o problema do acúmulo de plásticos – apresentada nos Apêndices), os estudantes tinham que propor um modelo para tentar resolver o problema do acúmulo de plásticos a partir da reciclagem mecânica. Para isso, tanto o texto introdutório quanto a discussão do mesmo foram direcionados para a reciclagem mecânica, pois dentre as possíveis soluções para o problema do acúmulo de plástico (repensar; respeitar; se responsabilizar; recusar;

reduzir; reutilizar; e reciclar), essa é a única possível de ser modelada, isto é, possui um processo para o qual é possível criar, expressar, testar e avaliar modelos. Repensar, respeitar e se responsabilizar são, na verdade, processos cognitivos. As soluções recusar e reduzir são demandadas pelas ações previamente mencionadas e não são processos que podem ser modelados. Por fim, a solução reutilização envolve a utilização de um objeto para outro fim como, por exemplo, utilizar garrafas PET como vaso para plantas. Assim, a reutilização pode envolver criatividade, mas também não é um processo que possa ser modelado usando necessariamente conceitos científicos curriculares. Além disso, ao propor o modelo, os estudantes tinham que levar em consideração os conhecimentos científicos construídos ao longo da Modelagem Científica, assim como justificar como tal modelo iria impactar positiva e negativamente a comunidade. Essa atividade se relaciona às etapas de *criação* e *expressão* do proto-modelo.

Após a revisão da professora, PQ2 perguntou aos estudantes se poderia fazer alguns questionamentos sobre o processo vivenciado por eles ao longo das duas modelagens anteriores, ou seja, as Modelagens Cotidiana e Científica. Com a concordância dos estudantes, seguiu-se o seguinte diálogo:

PQ2: Pensando nas duas modelagens que vocês já vivenciaram, quais semelhanças vocês conseguem apontar? E quais diferenças?

Com relação às semelhanças, os integrantes do grupo responderam:

Daniela: Nossa, eu não sei...

Luíza: A máquina a gente pensou que o processo... como que ela ia trabalhar...

Vânia: E que precisa ser um processo seletivo. Na máquina de refrigerante você seleciona o sabor do refrigerante.

Luíza: Em ambas a gente pensou no processo de como que funciona, tipo a máquina como que ela funciona para chegar o refri [sic], a sacola como que ela é flexível, a carcaça como que ela é resistente. Então, eu acho que a gente pensou nas duas [modelagens] a mesma coisa... É isso, nas duas a gente tava [sic] buscando uma explicação.

Com relação às diferenças, os integrantes do grupo responderam:

Vânia: O processo de selecionar é diferente, o da sacola...

Sandra e Vânia: ... para máquina de refrigerante.

Daniela: O processo da máquina de refrigerante é mais simples.

PQ2: *O que vocês queriam explicar eram coisas diferentes, mas os passos que vocês seguiram, em ambas as modelagens, são semelhantes ou não?*

Vânia: *Alguns sim...*

Daniela: *Ah, eu acho que mais ou menos...*

Luíza: *Eu não vejo muita semelhança, mas no início a gente pensou como a máquina funciona, na sacola a gente pensou como ela é flexível, quais seus componentes e para a carcaça também. Então, os princípios foram o como.*

Vânia: *Alguns aspectos são semelhantes, mas não todos.*

PQ2: *Então vocês estavam sempre tentando explicar alguma coisa? Sempre o como? O porquê?*

G1: *Sim, isso.*

Vânia: *Igual aos cientistas.*

PQ2: *Pensando nisso, eu já fiz essa pergunta para vocês, mas gostaria de fazer novamente. Agora, o que vocês acham que é modelo?*

Luíza: *É aquilo que a gente pensa pra produzir, é antes de pôr a mão na massa.*

Daniela: *É como se fosse um projeto.*

Vânia: *É um projeto!*

Luíza: *É um projeto que a gente escreve e um modelo mesmo é quando a gente vai produzir e vê o que que faltou no projeto.*

Após a intervenção de PQ2, os integrantes do grupo começaram a discutir as questões 1a (Escolha o objeto plástico (sacola, carcaça de TV ou pneu) para ser reciclado: Por que você escolheu esse objeto para ser reciclado?) e 1b (Você poderia escolher outro objeto? Por quê?). Segundo eles, qualquer um dos três objetos plásticos poderia ser escolhido. Tal resposta evidenciou que eles estavam confundindo o conceito de reciclagem com o de reutilização ou que eles não mobilizaram o conceito de fusão, mesmo após a professora ter discutido o conceito de reciclagem mecânica e fornecido um exemplo de reutilização no início da aula. Ao perceber a confusão dos estudantes, PQ1, que estava próxima do grupo, iniciou uma discussão com o mesmo:

O que acontece com o pneu ao ser submetido ao aquecimento direto?

Daniela: *Solta uma fumacinha preta.*

PQ1: *E o que significa o pneu soltar essa fumacinha? O que está acontecendo com o pneu?*

Natanael: *Que o pneu está “pegando fogo”.*

PQ1: *Quando um objeto plástico “pega fogo” e solta uma fumacinha preta, significa que o objeto está “derretendo”?*

Natanael: *Não.*

PQ1: *Quando o objeto plástico [no caso, pneu] libera gás [fumacinha preta], ele está liberando parte dele mesmo. Neste caso, o que sobra continua sendo pneu?*

G1: *Sim.*

Todavia, a pesquisadora percebeu que eles estavam com dúvida pela entonação da voz deles. Diante disso, ela falou:

“Derreter” é o mesmo que fundir, ou seja, uma mudança de estado físico como, por exemplo, o “derretimento” do gelo. Após o “derretimento” do gelo ele continua sendo água, diferentemente de quando um objeto é “queimado” e solta uma fumacinha preta, deformando assim a sua estrutura, ou seja, perdendo componentes para o ar [ambiente] ele deixa de ser o próprio pneu. Portanto, há diferença entre “derreter” e “queimar”.

Em seguida, ela lembrou o conceito de reciclagem apresentado pela professora no início da aula e perguntou:

Qual dos objetos plásticos que vocês analisaram pode ser reciclado?

Sandra: *A sacola.*

PQ1: *Por quê?*

Luíza: *Porque só a sacola “derrete”.*

PQ1: *E qual objeto plástico fundiu?*

G1: *A sacola. A carcaça de TV e o pneu “queimaram”.*

Por fim, ela falou que eles deveriam pensar naquelas informações e no conceito de reciclagem para darem continuidade.

Após a intervenção da PQ1, os integrantes do grupo começaram a discutir sobre qual seria o produto obtido após a sacola usada ser submetida à fusão e ao molde. Naquele momento, Daniela falou:

Poxa gente, eu vou “derreter” a sacola e fazer o que com ela?

Vânia: *Uma nova sacola?*

Daniela [ainda com dúvida]: *Então por que não podemos escolher a carcaça de TV para reciclar?*

Vânia: *Porque a carcaça não “derrete”.*

Luíza: *Ela pode ser reutilizada.*

Em seguida, os integrantes do grupo retomaram a sugestão feita por Vânia em transformar a sacola usada em uma nova sacola, ou seja, fundir as sacolas usadas e moldar a pasta obtida em novas sacolas. Entretanto, Daniela discordou ao falar:

Mas o material da nova sacola não é o mesmo da sacola antiga.

Vânia: *A nova sacola será biodegradável.*

A partir disso, Luíza lembrou que a sacola enrugava quando era “derretida” e perguntou aos demais integrantes do grupo:

Então, o que podemos fazer com isso?

Daniela: *Podemos fazer rendas para roupas. Vocês já assistiram a novela Floribella?*

G1: *Não.*

Daniela: *Nela, uma das personagens utiliza um vestido com sacolas penduradas.*

Naquele momento, PQ3 estava próxima do grupo e ao escutar a discussão, interviu ao perceber que os estudantes estavam com dificuldade em elaborar um modelo para solucionar o problema do acúmulo de plásticos a partir da reciclagem. Com o intuito de ajudá-los, PQ3 lembrou os comportamentos observados para os objetos plásticos investigados e revisou os conceitos “derreter” e “queimar”. A interação entre PQ3 e o grupo continuou:

G1: *Então, em qual produto a sacola pode ser transformada?*

PQ3: *Como vocês imaginam o processo de reciclagem da sacola?*

Luíza: *Primeiro, a sacola será fundida se tornando um líquido.*

PQ3: *Na realidade se torna uma pasta. E, essa pasta é moldada? Se sim, como?*

Luíza: *Sim, é preciso de uma fôrma... Hum, agora tá [sic] fluindo, mas eu ainda não sei o que vai virar não...*

Após a intervenção de PQ3, os estudantes retomaram a discussão das questões 1a e 1b (Escolha o objeto plástico (sacola, carcaça de TV ou pneu) para ser reciclado: Por que você escolheu esse objeto para ser reciclado? e Você poderia escolher outro objeto? Por quê?), chegaram a um consenso e responderam, respectivamente:

Sacola, porque ela “derrete”.

Não, porque a carcaça e o pneu “queimam”.

Os estudantes registraram suas respostas e começaram a propor alguns produtos que poderiam ser obtidos a partir da reciclagem da sacola usada como, por exemplo, garrafas PET [Vânia]; bordados de panos de prato [Luíza]; e canudinhos [Daniela e Vânia]. Com relação à obtenção de garrafas PET a partir da reciclagem da sacola usada, os estudantes estavam com dúvida e perguntaram para PQ1, que estava próxima do grupo, se isso seria possível. Ao ser questionada, PQ1 devolveu a pergunta para os estudantes e introduziu outras na discussão:

Por que vocês acham que isso é uma possibilidade?

Daniela: Eu acho que não é possível, pois as garrafas PET são pouco flexíveis.

Luíza [discordando]: Mas, existem garrafas PET que são flexíveis.

G1: Esse tipo de garrafa PET já foi reciclada e por isso não possui os mesmos componentes se comparados aos presentes nas garrafas PET que Daniela falou.

Daniela: Mas a sacola também pode perder algum componente quando for “derretida”.

Ao final dessa discussão, os integrantes do grupo não concluíram se seria possível usar o plástico da sacola reciclada para produzir garrafas PET, ou melhor, a pasta obtida da fusão do plástico da sacola para moldar novas garrafas PET.

Dando continuidade à discussão relacionada à proposição de alguns produtos que poderiam ser obtidos a partir da reciclagem da sacola usada, Daniela e Vânia falaram:

Achamos que é possível usar o plástico da sacola reciclada para produzir canudos.

Daniela: Ela [apontou para PQ3] não falou que dava para colocar numa forminha?

Sandra: Então, eu acho que dá pra fazer canudo!

PQ1 falou aos integrantes do grupo que eles poderiam remodelar, ou seja, não necessariamente obteriam novas sacolas a partir da reciclagem de sacolas usadas. PQ1 também enfatizou que eles deveriam pensar nos comportamentos observados ao realizar os testes com a sacola e relacioná-los com os comportamentos do novo objeto

plástico, que naquele caso era o canudo. Isto porque o canudo seria obtido a partir da reciclagem da sacola e, portanto, apresentaria comportamentos semelhantes aos dela. Diante disso, Daniela falou:

Então o canudo, assim como a sacola, é flexível.

Vânia [discordando]: *Mas o canudo é mais “duro” se comparado à sacola.*

A partir disso, PQ1 falou que os integrantes do grupo teriam que pensar se, e como, o plástico da sacola poderia se tornar mais rígido para obtenção do canudo a partir da reciclagem do mesmo.

Diante dessa dificuldade, os estudantes abandonaram a ideia da produção de canudos a partir da reciclagem do plástico da sacola e Luíza, retomando uma ideia que já havia sido apresentada anteriormente, iniciou outra discussão:

A sacola pode ser transformada em linhas que posteriormente podem ser utilizadas para enfeitar panos de prato.

Vânia [sugeriu uma nova ideia]: *Podemos fazer saquinhos para colocar leite.*

Luíza: *E também “papel” de bala.*

PQ1: *Ambas as ideias são possíveis de serem aplicadas.*

Daniela: *Mas isso [obter saquinhos de leite e “papel” de bala a partir da reciclagem da sacola] é reciclagem?*

PQ1 respondeu que sim e novamente revisou o conceito de reciclagem. Em seguida, ela deu outros exemplos de materiais que eram reciclados, como latinhas de alumínio e garrafas de vidro. Logo em seguida, ela provocou uma nova discussão:

O que poderia ser produzido com o material obtido a partir da reciclagem de latinhas de alumínio?

Luíza: *Bombril.*

PQ1: *Aço é o material do qual o Bombril é feito e, portanto, é diferente de alumínio, material do qual a latinha é feita.*

Percebendo a dificuldade dos estudantes, ela deu um tempinho para que eles pensassem. Porém, eles não conseguiram pensar em algo que pudesse ser produzido com o material obtido a partir da reciclagem de latinhas de alumínio. Diante da dificuldade dos estudantes, ela perguntou:

Então o que poderia ser produzido com o material obtido a partir da reciclagem de garrafas de vidro?

Daniela, Luíza e Vânia: *Novas garrafas de vidro.*

Daniela: *Então outras latinhas de alumínio poderiam ser produzidas com o material obtido a partir da reciclagem de latinhas de alumínio.*

Vânia: *Então outras sacolas poderiam ser produzidas com o material obtido a partir da reciclagem de sacolas.*

Naquele momento, os demais integrantes do grupo acompanharam o desenvolvimento das ideias/dos raciocínios de Daniela e Vânia e concluíram, surpresos, exatamente a mesma coisa. Logo após, Daniela perguntou:

Então, essas latinhas é tudo reutilizadas [sic]? Ai que nojo!

G1: ... [risos].

PQ1: *Na realidade não são reutilizadas e sim recicladas, ou seja, as latinhas de alumínio passam por um processo no qual elas são “derretidas” e depois moldadas novamente.*

A pesquisadora então ressaltou que as empresas preferem reciclar as latinhas de alumínio do que comprar a matéria prima, ou seja, o próprio alumínio para produzir novas latinhas. Por fim, Vânia, com um tom de alívio de acordo com a entonação de sua voz, falou:

Então podemos fazer mais sacolas?

Luíza [com um tom de indignação de acordo com a entonação de sua voz]: *Eu não tinha pensado na sacola.*

Daniela [com indignação, demonstrada na entonação de sua voz]: *Ou a única coisa lógica e...*

Após a intervenção de PQ1, antes de os estudantes retomarem a Parte B da Atividade 10, Vânia leu todas as questões, exceto a primeira. Em seguida, ela chamou a PQ3 para que a mesma explicasse melhor o que era para ser feito em cada uma das questões. Primeiramente, PQ3 releu as questões com os integrantes do grupo e, em seguida, fomentou uma discussão:

Como é o modelo de vocês?

Daniela: *A gente propôs “derreter” as sacolas usadas e fazer novas sacolas a partir do material obtido.*

PQ3: *E como vocês vão obter as sacolas usadas?*

Vânia: *Uai, no lixo!*

Daniela: *Nós não havíamos pensando nisso...*

Vânia: *Será necessário fazer uma coleta seletiva.*

Luíza: *Por exemplo, o ferro velho.*

G1 [sem entender]: *O que o ferro velho tem a ver com coleta seletiva?*

Naquele momento, Luíza percebeu que havia se confundido.

Daniela e Sandra: *Será necessário ter lixeiras seletivas.*

Vânia [discordando]: *Não, pois de acordo com o texto a comunidade jogava as sacolas nos rios e nas ruas.*

Daniela: *Mas, as lixeiras seletivas podem ajudar.*

A pesquisadora relembrou as informações apresentadas no texto e falou que concordava com Daniela, porém ressaltou que as pessoas que faziam parte daquela comunidade fictícia não realizavam a coleta seletiva. Dando continuidade, Luíza falou:

Então, antes de qualquer coisa, as pessoas teriam que coletar o lixo da comunidade.

Luíza e Vânia sugeriram a proposição de uma indústria que faria a separação dos materiais presentes no lixo coletado como, por exemplo, sacolas e latinhas de alumínio. Segundo as estudantes, as sacolas seriam destinadas para o setor de “derretimento” e modelagem dessa mesma indústria, já as latinhas de alumínio seriam encaminhadas para uma outra indústria. Após a proposição de tais etapas, PQ3 perguntou:

No setor de modelagem, o plástico obtido a partir da reciclagem da sacola pode ser utilizado para obter, por exemplo, o pneu ou a carcaça de TV?

G1: *Não.*

PQ3: *Por quê?*

G1: *Porque entre as macromoléculas da sacola têm apenas interações, já entre as macromoléculas do pneu e da carcaça têm também ligações.*

PQ3: *E o que será feito com as novas sacolas?*

G1: *Elas podem ser vendidas para outras empresas, por exemplo, supermercados, e o dinheiro arrecadado pode ser utilizado para ampliar a indústria.*

Daniela: *A gente pode ser uma ONG ao invés de uma indústria.*

Luíza: *E como pagaríamos as pessoas responsáveis por coletar o lixo?*

Daniela: *Com o dinheiro da venda das sacolas, mas até ter sacola para vender eles vão ter que trabalhar de graça.*

Vânia: *Quem sabe as pessoas não possam investir na ONG nesses primeiros meses?*

Daniela: *Talvez as pessoas não invistam em função de a reciclagem ser algo novo.*

Logo em seguida, PQ3 ressaltou que o modelo proposto por eles deveria ser algo aplicado na comunidade, visto que o mesmo estava sendo proposto para resolver um problema presente na mesma. A partir disso, Vânia falou:

Então, o dinheiro adquirido com a venda das sacolas pode ser utilizado para melhorar a infraestrutura da comunidade e também para fazer propagandas para conscientizar a comunidade sobre o problema.

Após a intervenção de PQ3, os estudantes releam novamente a questão 2 (Construa um modelo para tentar resolver o problema de acúmulo de plásticos a partir da reciclagem desses materiais (considerando o objeto que você escolheu na questão 1). Seu modelo deve conter todos os aspectos que considerar relevantes para solucionar o problema.) e chegaram a um consenso de que eles já haviam proposto o modelo durante as discussões que aconteceram ao longo das intervenções realizadas por PQ1 e PQ3.

Em seguida, eles discutiram a questão 3 (Quais aspectos você considerou para elaborar seu modelo? Por quê?), à qual responderam da seguinte maneira:

Consideramos a fusão e a interação intermolecular da sacola, pois com isso podemos elaborar a reciclagem do material. Para elaborar a reciclagem optamos por uma coleta de lixo seletiva na comunidade destinada à nossa indústria na comunidade. Em seguida, o lixo seria destinado ao setor de separação de materiais e as sacolas seriam destinadas para o setor de fusão, onde iria ocorrer a transformação da sacola do lixo em uma nova sacola. Dessa forma, as sacolas recicladas seriam vendidas para outras empresas e com o dinheiro adquirido nós investiríamos na melhora de infraestrutura da comunidade.

Com relação as questões 4a, 4b e 4c (Seu modelo possui algum(s) aspecto(s) que você não consegue representar?; Qual(is)?; e Por que não foi possível representar tal(tais) aspecto(s)?), os estudantes discutiram e chegaram a um consenso de que não fazia sentido respondê-las, visto que eles não usaram os materiais disponíveis, por exemplo, bolinhas de isopor, palitos de dente, lápis de cor, massinha de modelar, entre outros, para expressarem seu modelo.

Após os estudantes terminarem a atividade, iniciou-se a etapa de socialização dos modelos. Desta vez, o G1 foi o quarto grupo a expressar seu modelo. Daniela o fez da seguinte maneira:

Os moradores da comunidade vão fazer a coleta seletiva da sacola não só no lixo, mas também nas ruas e nos rios. Depois elas seriam destinadas a uma indústria que vai separar as sacolas, “derreter” e transformar em novas sacolas. Depois essas novas sacolas podem ser vendidas e o dinheiro adquirido com a venda será aplicado na infraestrutura da comunidade.

Imediatamente após a apresentação de Daniela, como de costume, a professora fez algumas questões para fomentar a discussão:

Pensando no processo de reciclagem, existem outras subetapas?

Daniela [mencionou novamente]: *As etapas de fusão e modelagem.*

Em seguida, a professora destacou que os integrantes daquele grupo diferentemente dos demais, até aquele momento, haviam pensando no dinheiro que poderia ser arrecadado ao propor uma solução para o problema do acúmulo de plásticos. Dando continuidade, ela perguntou para a turma:

Será que as sacolas chegam nas indústrias em condições adequadas para serem fundidas e modeladas?

Todos os estudantes da turma: *Não.*

Com base nessa resposta, ela sugeriu que os estudantes daquele grupo pensassem na limpeza das sacolas, aspecto que eles não haviam levado em consideração na proposição de seu modelo.

Dos sete grupos que socializaram seus modelos, G6, que apresentou imediatamente após G1 propôs um modelo semelhante, diferenciando apenas pelo fato de ter pensado nos processos de separação da sacola por cor e de higienização da mesma. G4, não pensou nos processos que eram necessários antes e/ou depois para que a reciclagem da sacola fosse possível, isto é, seus integrantes pensaram apenas no processo de reciclagem. Curiosamente, G5, fez o contrário, isto é, pensou nos processos que eram necessários antes e/ou depois para que a reciclagem da sacola fosse possível, mas não pensou no processo de reciclagem em si. Além disso, tal grupo apresentou uma ideia de que se todo o lixo fosse enviado para os lixões, o problema de acúmulo de

plásticos vivenciado pela comunidade estaria resolvido. Semelhante a este grupo, G2, pensou no ambiente do lixão, porém pensou também no processo de reciclagem. Diferentemente dos demais grupos, G3, além de pensar nos processos que eram necessários antes e/ou depois para que a reciclagem da sacola fosse possível, assim como no processo de reciclagem em si, pensou no lixo antes de sair de casa, isto é, levou em consideração a participação da comunidade no processo de separação do lixo. Assim, o processo se iniciaria dentro da casa de cada família, quando o lixo era separado. Tal grupo ainda pensou em um incentivo para que tal separação ocorresse e propôs uma parceria com a escola, de maneira que quanto mais sacolas um estudante separasse e levasse para a escola, mais pontos extra ele ganharia. Semelhante a este grupo, G7, também pensou em um incentivo para que tal separação ocorresse e propôs uma parceria com o governo, de maneira que ele aumentasse o valor da sacola para incentivar a comunidade a separar e vender a sacola para o ferro velho (sic). Porém, este grupo não pensou nos processos que eram necessários antes e/ou depois para que a reciclagem da sacola fosse possível, assim como no processo de reciclagem em si.

Ao término das apresentações e das discussões promovidas ao longo das mesmas, a professora concluiu, juntamente com a turma, que cada grupo havia levado em consideração aspectos diferentes no momento de elaboração de seu modelo e que aquilo poderia favorecer aos demais grupos ampliar seus modelos.

Quando a professora finalizou a discussão da Parte B da Atividade 10, as pesquisadoras entregaram a Atividade 11 para os estudantes. Em seguida, a professora leu a atividade e, posteriormente, disponibilizou tempo para que ela fosse feita.

Na Atividade 11 (Seu modelo resolve o problema do acúmulo de plásticos? – apresentada nos Apêndices), os estudantes tinham que testar os modelos propostos na atividade anterior visando analisar em que extensão eles satisfaziam os objetivos para os quais foram elaborados. Para isso, eles tinham que analisar se tais modelos: (i) eram capazes de explicar o gasto monetário envolvido no processo de reciclagem da sacola; (ii) consideravam a possibilidade de geração de empregos para a comunidade; e (iii) eram capazes de explicar os impactos ambientais positivos e negativos ocasionados pelo processo de reciclagem da sacola e do produto obtido a partir do mesmo. Além disso, em caso afirmativo, eles tinham que explicar porque tal modelo era o mais adequado e

pensar em como convencer os demais grupos disso. Caso contrário, quer dizer, em caso de resposta negativa aos aspectos analisados anteriormente, seria necessário reformular ou elaborar outro modelo em relação ao qual também seria necessário explicar porque ele era o mais adequado e pensar em como convencer os demais grupos disso. Essa atividade se relaciona à etapa de *teste* do modelo.

Após a entrega da atividade, os integrantes de G1 leram todas as questões referentes à mesma. Com relação à questão 1 (O seu modelo é capaz de explicar o gasto monetário envolvido no processo de reciclagem desse objeto plástico. Em caso afirmativo, como?), eles discutiram, chegaram a um consenso e registraram como resposta:

Sim, porque no fim do processo de reciclagem essas sacolas são vendidas e com isso o dinheiro arrecadado é utilizado para cobrir as necessidades das indústrias e comunidade. Porém não colocamos de maneira explícita no nosso modelo.

Logo após esta aula, ocorreu o seguinte diálogo:

PQ3: *O que significa cobrir as necessidades das indústrias?*

G1: *Seria o mesmo que cobrir os gastos envolvidos no processo de reciclagem.*

Posteriormente à intervenção de PQ3, PQ1 perguntou:

Quais seriam os gastos envolvidos no processo de reciclagem?

G1: *Gastos relacionados à contratação de pessoas para realizar a coleta e à separação de sacolas e de uma indústria terceirizada para fazer a reciclagem das mesmas.*

Daniela: *Por esse motivo, metade do dinheiro arrecadado com a venda das sacolas vai ser destinado à indústria, para ela não falir.*

Em relação à questão 2 (O seu modelo considera a possibilidade de geração de empregos para a comunidade durante o processo de reciclagem desse objeto plástico? Em caso afirmativo, como? Quais as consequências disso?), os estudantes responderam:

Sim. Em nosso modelo seria necessário a contratação de uma empresa terceirizada para fazer a reciclagem da sacola, além das pessoas destinadas aos demais setores da empresa. Dessa forma, irá disponibilizar a oportunidade de emprego. Porém não colocamos de maneira explícita no nosso modelo.

Frente a tal resposta, PQ3 perguntou: *O que vocês entendem por demais setores?* Os estudantes responderam que seriam os setores responsáveis pela coleta, separação, higienização, fusão e modelagem. Naquele momento, os integrantes do grupo sentiram a necessidade de reformular a resposta registrada anteriormente, de maneira que fosse explicitada a contratação de pessoas da comunidade para trabalhar nos demais setores da empresa terceirizada, isto é, explicitado a geração de empregos para a comunidade.

Dando continuidade à atividade, os estudantes discutiram a questão 3 (O seu modelo é capaz de explicar os impactos ambientais (positivos e negativos) envolvidos tanto no processo de reciclagem desse objeto plástico quanto na utilização do produto obtido a partir desse processo? Em caso afirmativo, como?), respondendo que:

Sim, pois com a reciclagem da sacola os impactos ambientais diminuem se tornando algo positivo. Mas isso não foi mostrado de maneira explícita.

Então PQ3 solicitou que os integrantes do grupo explicassem o que eles queriam dizer com diminuir os impactos negativos seria tornar algo positivo. Duas estudantes responderam:

Vânia: Ao reduzir os impactos ambientais, isso seria algo positivo para a natureza.

Daniela: Ao invés de eu produzir mais sacolas e pegar um tanto de sacolas e jogar no lixo, sendo que cada sacola demora mais de 100 anos para degradar, eu estou retirando elas [sic] do meio ambiente e reciclando.

Para a questão 4 (Como você convenceria os integrantes dos outros grupos de que seu modelo é mais adequado para explicar os aspectos presentes nas 1, 2 e 3.), a resposta foi:

Pois ele envolve a coleta, a separação e a reciclagem, de forma que os impactos ambientais sejam amenizados e a comunidade seja beneficiada.

Com relação às questões 5a (Em caso de resposta negativa às questões 1, 2 e 3 (ou a alguma delas), reformule o modelo de forma que, com ele, você consiga explicar tais aspectos: Registre seu novo modelo.); 5b (Como o novo modelo é capaz de explicar os aspectos que seu modelo anterior não explicava?); e 5c (Como você convenceria os

outros grupos de que seu novo modelo é mais adequado para explicar os aspectos presentes nas questões 1, 2 e 3?), os estudantes discutiram e chegaram a um consenso de que não fazia sentido respondê-las, visto que eles haviam respondido as questões anteriores.

No início da aula seguinte, a professora retomou a Atividade 11, pois nem todos os grupos haviam finalizado a mesma na aula anterior. Ela ressaltou que era necessário que os integrantes dos grupos revisassem suas respostas, uma vez que alguns grupos responderam que consideraram alguns aspectos em seus modelos, porém os mesmos não foram explicitados. Isso pôde ser observado no registro das respostas do G1, mais especificamente naquelas referentes às questões 1, 2 e 3. A professora também destacou a importância de explicitar os aspectos nos modelos, ao lembrar da ausência da tomada no modelo que tinha como objetivo explicar o funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante. Além disto, ela ressaltou que aquilo que parecia ser óbvio para os estudantes, poderia não ser tão óbvio para outras pessoas quando elas olhassem para o modelo ou lessem a explicação do mesmo.

Após os estudantes terminarem a atividade, a professora solicitou que um estudante de cada grupo socializasse o “novo” modelo proposto pelo seu grupo para a turma. Diferentemente das outras apresentações, a professora solicitou que os grupos apresentassem seus modelos simultaneamente. Para isso, ela sugeriu que cada estudante que estava representando seu grupo apresentasse questão por questão que constituía a Atividade 11. Segundo a professora, além de possibilitar analisar cada aspecto ao mesmo tempo para todos os grupos, isto poderia facilitar a contraposição das ideias apresentadas, isto é, dos aspectos levados ou não em consideração por cada um dos grupos no momento de elaboração e/ou reformulação de seu modelo. Ela pediu, ainda, que eles prestassem atenção nas falas dos colegas, pois elas poderiam ajudar um determinado grupo a perceber a adequação ou não de todas as ideias apresentadas.

Antes de iniciar a apresentação, a professora ressaltou, mais uma vez, que não existia modelo certo ou errado e sim diferentes modelos propostos com o intuito de solucionar um mesmo problema. Em seguida, ela solicitou que os estudantes que fossem representar seus grupos retomassem o modelo proposto ao longo da Parte B da

Atividade 10 para que os demais colegas entendessem a “lógica” da proposição do novo modelo.

Desta vez, o G1 foi o quinto grupo a expressar seu modelo. Luíza foi a responsável pela apresentação e explicou que seu grupo havia levado em consideração o gasto monetário quando pensou na coleta seletiva. Neste sentido, eles identificaram que existiria, por exemplo, o gasto com o funcionário responsável por realizar a coleta e com o transporte para que tal funcionário a realizasse. O grupo também pensou na venda da sacola e na divisão do lucro entre a empresa e a comunidade. Dando continuidade, ela falou que seu grupo também havia levado em consideração a geração de empregos para a comunidade, pois seriam os moradores da comunidade que coletariam, separariam e higienizariam as sacolas para que a empresa pudesse realizar o processo de reciclagem a partir dos processos de fusão e modelagem do material. Com relação ao fato de o modelo ser capaz de explicar os impactos ambientais positivos e negativos envolvidos no processo de reciclagem da sacola, ela falou que o mesmo era capaz de explicar os impactos ambientais positivos. Segundo Luíza, ao coletar as sacolas para realizar a reciclagem, a quantidade de sacolas usadas iria diminuir e, conseqüentemente, a poluição que elas poderiam ocasionar ao meio ambiente, ou seja, o problema vivenciado pela comunidade, poderia ser minimizado.

Ao ser questionada sobre o diferencial do modelo proposto pelo seu grupo, ela falou que o mesmo se destacava devido ao fato de envolver a comunidade no processo de reciclagem, não apenas na coleta da sacola, mas também devido à possibilidade de contratação de moradores da comunidade para trabalhar nos demais setores da empresa terceirizada que realizaria o processo de reciclagem. Além disso, ela ressaltou a parceria estabelecida entre a empresa terceirizada e a comunidade, uma vez que o lucro obtido com a venda das novas sacolas seria dividido igualmente entre ambos.

Dos sete grupos que socializaram seus modelos, G6, que havia proposto um modelo semelhante ao proposto pelo G1, na Parte B da Atividade 10, não levou em consideração o gasto monetário envolvido no processo de reciclagem da sacola e a geração de empregos para a comunidade. Porém conseguiu explicar os impactos ambientais positivos e ressaltou os fatos de o mesmo envolver a comunidade no processo de separação da sacola, e de os integrantes do grupo terem pensado na venda

da sacola para investir no processo de reciclagem ou em outro processo que pudesse amenizar o problema vivenciado pela comunidade. G5, se diferenciou do anterior apenas pelo fato de ter destacado em seu modelo o envolvimento da comunidade no processo de separação da sacola. G3, também não levou em consideração o gasto monetário envolvido no processo de reciclagem da sacola e a geração de empregos para a comunidade. Entretanto, foi o único grupo que já havia envolvido a comunidade no processo de separação da sacola, desde a Parte B da Atividade 10. Com relação aos impactos ambientais positivos, inicialmente, o representante de tal grupo falou que seu modelo não conseguia explicar, mas a professora entrevistou afirmando que, na verdade isto estava implícito, pois ao estabelecer uma parceria com a escola, o professor de determinada escola poderia promover uma conscientização por parte dos estudantes na medida em que eles separassem e levassem as sacolas para a escola, o que, conseqüentemente, diminuiria o número de sacolas que estava causando o problema. Assim como os anteriores, G2, não levou em consideração o gasto monetário envolvido no processo de reciclagem da sacola e a geração de empregos para a comunidade. Porém conseguiu explicar os impactos ambientais positivos e ressaltou o fato de ter sido o único grupo a ter levado em consideração a importância de separar as sacolas por cores e tipos, uma vez que isso faria diferença no produto a ser obtido a partir da reciclagem de sacolas usadas. G7, levou em consideração o gasto monetário envolvido no processo de reciclagem quando mencionou a parceria com o governo no sentido de o mesmo aumentar o valor agregado à sacola, porém não levou em consideração a geração de empregos para a comunidade. Seu representante explicou os impactos ambientais positivos, assim como os explicados pela maioria dos grupos, e destacou o fato de o modelo poder movimentar a economia local, uma vez que os moradores da comunidade venderiam as sacolas usadas para o ferro velho (sic). Por fim, G4, último grupo a apresentar, não levou em consideração o gasto monetário envolvido no processo de reciclagem, mas considerou a geração de empregos para a comunidade. Além de elaborar um modelo que explicava os impactos ambientais positivos, este foi o único grupo que explicou os impactos ambientais negativos, o que se tornou um diferencial em seu modelo.

Durante as apresentações dos modelos propostos e/ou reformulados para tentar resolver o problema do acúmulo de plásticos, a professora ressaltou a importância de

se considerar e explicitar os aspectos, destacados nas questões da atividade, relacionados aos gastos monetários; geração de emprego; e impactos ambientais positivos e negativos no processo de reciclagem de sacolas oriundas da comunidade.

Durante a discussão da questão 2, ela ressaltou que além de aspectos positivos na geração de empregos, também existiam os aspectos negativos como, por exemplo, um investimento maior por parte do proprietário no sentido de ter um gasto maior com funcionários.

Na discussão da questão 3, ela destacou o fato de apenas um grupo ter levado em consideração os aspectos ambientais negativos, envolvidos no processo de reciclagem de sacolas, ao reformular seu modelo. Naquele momento, com intuito de favorecer que os estudantes refletissem também sobre os aspectos ambientais negativos envolvidos no processo de reciclagem de sacolas, ela fez algumas questões, uma na sequência da outra:

A indústria é movida a que? Energia?

Essa energia é proveniente de que? Combustíveis fósseis?

Ao fazerem uso dessa energia, os maquinários liberam resíduos gasosos para a atmosfera?

Que tipo de resíduo o processo de reciclagem pode gerar?

O processo utiliza algum recurso natural? Qual?

A água utilizada na limpeza das sacolas continua própria para consumo?

Essa água será tratada? Ou será enviada para o esgoto?

O que seria o ideal? Mas o que é o real?

Em seguida, a professora utilizou o exemplo do desastre decorrente do rompimento da barragem em Mariana. Ela perguntou aos estudantes o que estava sendo armazenado naquela barragem. Com sua ajuda, os estudantes chegaram à conclusão de que a mesma armazenava resíduos do processo de mineração. Ela destacou, ainda, que a empresa responsável pelo processo de mineração, havia pago uma multa de R\$120 milhões de reais. A partir desta informação, ela perguntou: *Será que tratar resíduos é financeiramente interessante para as indústrias? Será que é uma prática usual?* Os estudantes chegaram à conclusão que não, pois a empresa preferiu pagar a multa do que tratar os resíduos provenientes do processo de mineração. Por fim, ela ressaltou que os aspectos ambientais negativos envolvidos no processo de

reciclagem de sacolas era algo que deveria ser levado em consideração nas próximas atividades.

Ao término das apresentações, a professora solicitou que os estudantes retornassem para seus grupos para que toda a turma participasse de uma discussão sobre as duas últimas atividades. A pergunta geradora desta discussão foi: *Alguém pensou se as sacolas recicladas são idênticas às sacolas “virgens”, ou seja, àquelas que ainda não haviam sido recicladas?* Os estudantes responderam que não haviam pensado. Ela continuou: *Pois é, a textura, a qualidade, a cor e o cheiro de sacolas recicladas são diferentes se comparadas àquelas que ainda são “virgens”.* Em seguida, ela perguntou: *Será que as sacolas podem ser recicladas infinitamente? Vocês levaram em consideração a existência de um limite para reciclar uma mesma sacola?* Os estudantes responderam não para ambas as perguntas.

Após a discussão geral com a turma, a professora fez perguntas direcionadas a alguns grupos. Para os integrantes do G1, ela perguntou: *Há algum modelo na turma que consegue solucionar os problemas acarretados pelo acúmulo de todos os objetos plásticos que analisamos, isto é, sacola, carcaça de TV e pneu? Se sim, como?* Daniela respondeu: *Não, pois todos os modelos propostos apresentados se basearam na reciclagem de sacolas porque elas fundiam.* A partir desta resposta, a professora, juntamente com os estudantes, concluiu que os modelos propostos por eles eram semelhantes e que apesar de alguns serem mais amplos, isto é, terem considerado mais aspectos do que outros, eles não eram capazes de resolver o problema do acúmulo de plásticos naquela comunidade e, conseqüentemente, na sociedade. Para dar suporte a tal afirmativa, ela destacou:

Isso aconteceu devido o comando da Atividade 10 – Parte B ter sido direcionado à proposição de modelos baseados na reciclagem. Por esse motivo, os modelos de vocês não resolvem o problema completamente. E isso será algo que vocês vão pensar nas próximas atividades.

Após esta discussão, as pesquisadoras entregaram a Atividade 12 para os estudantes e, novamente, a professora solicitou que eles escolhessem os personagens que gostariam de representar no momento da leitura conjunta. Após a leitura conjunta do texto, a professora leu a atividade e solicitou que eles se dedicassem a ela.

Na Atividade 12 (Segunda Assembleia Geral: Novos Desafios – apresentada nos Apêndices), os estudantes tinham que avaliar a abrangência e as limitações de seus modelos de maneira que eles percebessem que somente a reciclagem não dava conta de resolver o problema do acúmulo de plásticos, como também não era a melhor solução para o problema. Nessa atividade, que foi elaborada para favorecer a vivência da etapa de *avaliação* do modelo, não era necessário que os estudantes reformulassem seus modelos, mas sim que eles pensassem e discutissem o que mais poderiam propor além da reciclagem.

Os integrantes do grupo, então, leram todas as questões referentes à atividade. Com relação a questão 1 (Quais as vantagens do processo de reciclagem? Por que elas são vantagens?), eles discutiram, chegaram a um consenso e registraram sua resposta:

- *Reciclagem do mesmo produto;*
- *diminuir os impactos ambientais;*
- *gerar empregos para as pessoas da comunidade; e*
- *diminuir o acúmulo de sacolas nas ruas, rios etc.*

Pois reduz a poluição no meio ambiente, melhora a infraestrutura da comunidade, melhora o saneamento básico da comunidade, que influencia na melhora da qualidade de vida dos moradores da comunidade.

Logo após esta aula, PQ3 discutiu esta resposta com o grupo:

Por que diminuir os impactos ambientais é importante?

Vânia: Porque ao cuidar da natureza, estamos cuidando da saúde das pessoas.

PQ3: Como a reciclagem favorece a melhora da estrutura da comunidade?

Vânia: A estrutura da sociedade irá melhorar em função da redução de lixo.

Depois de discutirem a questão 2 (Quais as desvantagens do processo de reciclagem? Por que elas são desvantagens?), os estudantes registraram sua resposta:

- *Resíduos;*
- *emissão de gases das máquinas;*
- *emissão de gases poluentes gerado pelos caminhões da coleta seletiva;*
- *muito gasto de água e energia;*

- ausência de tratamento da água utilizada e dos resíduos produzidos, em algumas empresas.

Pois afeta negativamente o meio ambiente e causa impacto na saúde das pessoas.

A partir desta resposta, ocorreu o seguinte diálogo:

PQ3: Vocês acham que não existe tratamento de água nas empresas ou isso é um problema?

Vânia: É um problema, pois não é em todas [as empresas], mas na grande maioria.

Luíza: Isso, nem todas investem no tratamento de água.

No início da aula seguinte, a professora revisou o que havia sido realizado na última aula, isto é, a discussão geral sobre as duas últimas Atividades e solicitou aos estudantes que dessem continuidade à Atividade 12, cujo objetivo ela lembrou. Ela também solicitou que os estudantes explicitassem o máximo de aspectos possíveis em seus registros para que, posteriormente, eles pudessem apresentar suas respostas e, por fim, pensar em todo o processo vivenciando por eles ao longo daqueles meses.

Naquele momento, os estudantes demonstraram tristeza devido à aproximação do término das atividades. Em seguida, eles perguntaram para a professora se haveria uma festa de despedida para as meninas, no caso, as pesquisadoras. A professora respondeu rapidamente dizendo que aquilo poderia ser pensado depois, uma vez que ela já sabia que as pesquisadoras fariam um lanche especial para os estudantes como forma de agradecimento pela participação dos mesmos na pesquisa.

Após a revisão da professora, os integrantes do grupo continuaram a fazer a Atividade 12 respondendo, na questão 3 (Quando podemos usar a reciclagem? Por quê?), que:

Quando podemos fundir o material. Porque só pode ocorrer reciclagem quando ocorre a fusão do material.

Em relação à questão 4 (A reciclagem resolveu o problema levantado na assembleia? Por quê?), eles registraram a seguinte resposta:

Não, pois ajudou a diminuir o acúmulo das sacolas, mas não foi possível reciclar a carcaça de TV e nem o pneu, pois ambos não fundem.

Na sequência, eles discutiram a questão 5 (Há alguma maneira de modificar o seu modelo para que ele seja a solução do problema levantado na assembleia? Se sim, como? Se não, por quê?), chegando ao consenso de que:

Não, pois se decompor o pneu e a carcaça de TV libera um gás tóxico poluindo o ar. A nossa empresa está voltada para a reciclagem da sacola e não atende os critérios para a reutilização etc. da carcaça de TV e pneu, pois não são os mesmos processos utilizados para reciclar a sacola.

Para finalizar, os integrantes do grupo discutiram a questão 6 (Que outras soluções a comunidade poderia utilizar para o acúmulo de sacolas, carcaça de TV e pneu? Como? Por quê?), à qual responderam da seguinte maneira:

Na reutilização desses materiais.

Como objetos de decoração com o pneu: assentos, mesas etc.

Com a carcaça de TV pode fazer vasos para as plantas.

Com a sacola pode-se fazer pipa, rabiola e toca para cabelo etc.

Após os estudantes terminarem a atividade, a professora promoveu a socialização das ideias discutidas pelos grupos. Desta vez, diferentemente das anteriores, ao longo da apresentação não houve uma ordem estabelecida com relação aos grupos e às questões. Ao final, a turma concluiu que o processo de reciclagem: possuía vantagens e desvantagens; podia ser utilizado apenas para materiais termoplásticos, ou seja, para materiais que fundiam; não resolvia o problema do acúmulo de plásticos na comunidade, uma vez que o uso daquele processo se restringia aos materiais termoplásticos (dentre os que eles analisaram, apenas a sacola); era necessário propor outras soluções além da reciclagem como, por exemplo, a reutilização e a redução de plásticos, assim como a conscientização, para resolver tal problema, ou seja, não era possível reformular o modelo uma vez que o mesmo foi baseado no processo de reciclagem e, portanto, que a alternativa era propor outros modelos para se somarem ao anterior.

Por fim, ela relacionou tais soluções com três ações: reduzir, reutilizar e reciclar, e perguntou aos estudantes como eles poderiam organizar aquelas ações em uma escala de prioridade, ou seja, qual deveria vir primeiro e qual deveria ser a última. Os estudantes responderam que o mais importante era reduzir e, portanto, que esta ação deveria ser a primeira da escala, depois seria reutilizar e por último reciclar. Com base

nisso, eles perceberam que outras soluções eram possíveis antes de partirem para a reciclagem. Eles também perceberam a importância de outra ação: a de repensar. Além disso, a professora ressaltou que, no cotidiano, a palavra reciclagem era, e poderia ser, utilizada com outros significados e que isso explicava o fato de, inicialmente, muitos dos estudantes terem utilizado a ideia reduzir ao invés da de reciclar. Finalmente, ela destacou que o significado da palavra reciclagem que eles haviam utilizado estava pautado no conceito de que reciclar era o processo no qual um objeto plástico é fundido, ou seja, passa por uma transformação em seu estado físico, sendo, depois, moldado novamente.

Ao término das apresentações e da conclusão, a professora solicitou que os estudantes retornassem aos seus grupos, pois iria fazer perguntas específicas para cada um deles. Para os integrantes do G6, ela perguntou: *Vocês acham que suas visões sobre como a Ciência é e se desenvolve mudou? Como? Por quê? Como vocês pensavam antes e como vocês pensam agora?* Os integrantes do grupo responderam que perceberam que era necessário buscar além do senso comum para conseguir elaborar uma explicação.

Em seguida, ela fez a mesma pergunta para os integrantes do G3. Eles responderam que nunca tinham visto ou prestado atenção em como a máquina de vender latas de refrigerante funcionava, mas que eles haviam sido capazes de pensar e propor como a mesma funcionava. A professora, complementou ao falar:

Os cientistas também não conseguem ver as moléculas, mas conseguem propor modelos que estão relacionados com tais moléculas e que dão conta de explicar outras coisas também. Era isso que vocês queriam falar?

Eles responderam que sim. Com base nessa resposta, a professora perguntou para a turma se aquela era uma mudança significativa e a mesma concordou.

Dando continuidade, ela fez a mesma pergunta para os integrantes do G1. Luíza respondeu que eles pensavam que os cientistas trabalhavam isolados dentro de laboratórios e que, ao vivenciar aquele processo, eles haviam percebido que os cientistas precisavam discutir com outras pessoas, comunicar e registrar aquilo que faziam para que outras pessoas soubessem, ou seja, tivessem acesso a tal conhecimento.

A partir desta resposta, a professora perguntou para a turma: *Que aspectos sobre Ciências foram novos? Ou lhes chamaram a atenção?* Os integrantes do G5 responderam que perceberam que a Ciência não era exata, porque ao vivenciarem o processo eles tiveram que elaborar ideias e, ao longo do processo, surgiram questionamentos que contribuíram para que as mesmas fossem reformuladas.

Para finalizar, a professora retomou algumas respostas e enfatizou alguns dos aspectos *sobre* Ciências apresentados nas mesmas como, por exemplo, o fato de os cientistas não ficarem isolados em laboratório; trabalharem em grupo; comunicarem seus feitos; e de que a Ciência não estava pronta e acabada.

Na sequência, ela perguntou: *As socializações influenciaram nas ideias do grupo?* A turma respondeu que sim. Então, ela perguntou se aquilo ajudava em algo. Um integrante do G2 respondeu: *Sim, pois mostrava outros pontos de vista.*

Na sequência, foi realizada a Atividade 13 (Uma proposta – apresentada nos Apêndices), na qual os estudantes tinham que elaborar um documento escrito, endereçado à diretora da escola mencionada no texto da Parte A da Atividade 10, descrevendo como a comunidade poderia resolver o problema do acúmulo de plásticos, considerando todas as soluções possíveis, todos os objetos plásticos presentes e todos os aspectos sociais, econômicos, ambientais e éticos discutidos ao longo das atividades anteriores. Essa atividade teve como um de seus principais objetivos avaliar se os estudantes haviam compreendido que várias soluções deveriam coexistir para auxiliar na resolução do problema de acúmulo de plásticos na sociedade.

Antes que os estudantes iniciassem a atividade, PQ2 perguntou a eles se poderia fazer alguns questionamentos sobre o processo vivenciado por eles ao longo das três modelagens: Cotidiana, Científica e Sociocientífica. Com a concordância dos estudantes, seguiu-se o seguinte diálogo:

PQ2: *Eu vi, durante a discussão da Atividade 12, que vocês já ressaltaram muita coisa que mudou na visão de vocês sobre Ciências. O que mais mudou na visão de vocês?*

Luíza: *A gente evoluiu muito o nosso pensamento, a gente vê eles [cientistas] como uma pessoa comum, que eles procuram tipo... que não é fácil, não é só... só escrever, igual a gente faz o modelo, mas eles montam, vê [sic] qual o defeito, pra [sic] depois voltar no modelo.*

Vânia: *É necessário modificação...*

Luíza: ...*Ver o que aconteceu com o modelo pra [sic] ter modificação, ver que eles [cientistas] errou [sic], igual a Ana [integrante do G5] falou, a Ciência não é... não é exata, é um processo longo pra [sic] chegar no "exato".*

PQ2: *Então, vocês acham que demanda tempo?*

G1: *Sim.*

PQ2: *E isso que vocês estão me dizendo tem a ver com o que vocês vivenciaram nesse tempo todo?*

G1: *Sim.*

Luíza: *Eu sentia dor de cabeça, eu pensava meu Deus tô [sic] pensando demais. Agora não, acho que..., tipo a gente vê a máquina de refri [sic], agora tá [sic] muito mais fácil uma máquina de refri [sic].*

Vânia: *E a gente precisou da opinião de todos para conseguir elaborar aquele modelo [que explicava o funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante].*

Luíza: *É, não foi só do nosso grupo, a gente teve que ver o que os outros grupos falou [sic].*

Vânia: *Sempre aparecia uma modificação também.*

Com base nessas respostas, PQ2 concluiu juntamente com os estudantes que trabalhar em grupo era importante, assim como ter acesso às ideias de outros grupos.

PQ2: *Vocês estão me falando sobre os passos que vocês seguiram, certo? E, se vocês pensarem em cada uma das modelagens, quais foram eles?*

Com relação a Modelagem Cotidiana, os integrantes do grupo responderam:

Luíza: *Primeiro a gente pensou como que era a máquina por dentro; produzimos um modelo; explicamos como o nosso modelo funcionava; vimos que precisávamos da tomada... [risos]*

G1: *É... e fez alterações.*

Luíza: *Ajudou a desenvolver, abriu portas, abriu caminho para gente pensar.*

Com relação a Modelagem Científica, eles destacaram:

Luíza: *Primeiro vimos se a carcaça quebrava e depois comparamos a carcaça com a sacola.*

Vânia: *Comparamos os dois [sacola e carcaça de TV] e tivemos que prever.*

Luíza: *Apresentamos e vimos também que tinha outros pensamentos; modificamos; apresentou [sic] de novo; e modificou [sic] de novo.*

Vânia: *Agora quando meu pai e minha mãe forem fazer alguma coisa que tenha carcaça de TV e pneu eu vou falar: oh, não coloca [no fogo] não.*

Tais respostas sustentaram a conclusão de que eles haviam elaborado, testado e modificado modelos; apresentado os modelos para a turma; e, por fim, aplicado os mesmos em outras situações.

Com relação à Modelagem Sociocientífica, a pesquisadora perguntou:

PQ2: *Para o processo de reciclagem, a gente também elaborou modelos?*

G1: *Sim, mas a gente fez ele escrito né, os outros nós utilizamos materiais, por exemplo, palitinhos... e depois associamos com a escrita.*

Luíza: *Na reciclagem, pensamos como a gente ia recolher [as sacolas], como a gente ia reciclar.*

G1: *Primeiro elaboramos modelo; ampliou [sic] o modelo; modificamos; e modificamos de novo.*

PQ2: *Por fim a gente viu que só aquela solução [baseada na reciclagem] não resolvia o problema né? Tínhamos que o quê?*

Luíza: *Ampliar.*

PQ2: *Então os passos que vocês seguiram ao longo das modelagens são semelhantes?*

Daniela e Luíza: *Sim.*

PQ2: *E tem alguma coisa que é diferente?*

Luíza: *Nos passos não, mas nas modelagens sim, pois o modelo é diferente.*

Vânia: *Eu acho que é o próprio produto.*

PQ2: *Pensando nas três modelagens que vocês vivenciaram, quais semelhanças vocês conseguem apontar? E quais diferenças? Vocês já haviam me respondido pensando na modelagem cotidiana e na científica. Agora quero que vocês pensem também na modelagem sociocientífica.*

Com relação às semelhanças, os integrantes do grupo responderam:

Vânia: *A da reciclagem precisa de investimento.*

Luíza: *A da máquina e a da reciclagem a gente pensou que o processo... como ela ia trabalhar...*

Vânia: *E que precisa ser um processo seletivo. Na máquina de refrigerante você seleciona o sabor do refrigerante e na indústria, quando chega as sacolas, elas precisam ser selecionadas para os setores.*

Luíza: *Em ambas a gente pensou no processo de como funciona, tipo a máquina como que ela funciona para chegar o refri [sic]; a sacola, como que ela é flexível; a carcaça, como que ela é resistente; e a empresa, como que ela poderia recolher o lixo [sacola usada].*

Com relação às diferenças, os integrantes do grupo responderam:

Daniela e Vânia: *Na reciclagem você precisa de mais investimento se comparado à máquina de refrigerante.*

Daniela: *O processo de reciclagem é mais complexo se comparado ao da máquina de refrigerante. Na máquina, não pensamos na reciclagem.*

Vânia: *Na reciclagem produz mais resíduos também, porque na máquina de refrigerante você só vai tirar o refrigerante e pronto. Na máquina de refrigerante entra dinheiro para lá e na da indústria não... Não, entra também quando compra a sacola, entra...*

Daniela: *Na máquina a gente não pensou na chegada dos materiais para produzir ela, a gente só pensou em produzir, na reciclagem não, a gente pensou que ia precisar recolher a sacola, que ia precisar fazer um processo para poder obter a sacola.*

Para finalizar, a pesquisadora perguntou:

PQ2: *Tem alguma coisa ao longo do processo que vocês acharam interessante?*

Vânia: *Não achava que a reciclagem era tão difícil e que tinha pontos negativos. O exemplo da máquina eu achava que eles faziam e pronto, não achava que tinha tantas alterações assim.*

Após a intervenção de PQ2, os integrantes do grupo leram e iniciaram a Atividade 13. Em seguida, Daniela destacou que era preciso escrever uma carta. A partir disso, os estudantes discutiram e elaboraram uma carta endereçada para a diretora da escola fictícia citada no texto, descrevendo como a comunidade poderia resolver o problema do acúmulo de plásticos, considerando todas as soluções possíveis. Durante a elaboração da mesma, os estudantes apontaram as características relacionadas à estrutura de uma carta e tentaram segui-la. No texto da carta produzida, lê-se:

Belo Horizonte, 17 de novembro de 2017.

Prezada Diretora,

Nós, alunos da Escola Estadual Aprendendo a Criar, da turma WWW, Grupo 1, acreditamos que para solucionar o problema de acúmulo de plásticos na comunidade seria necessário adotar medidas como a reutilização de pneus como objetos de jardinagem, mesas, cadeiras, enfeites, balanços, entre outros. As sacolas plásticas deveriam ser

recicladas para diminuir o acúmulo de sacolas nas ruas e rios na comunidade. Além do mais, poderiam ser transformadas em brinquedos para as crianças moradoras do local. Já a carcaça de TV, assim como o pneu, porém com a sua amplitude reduzida, poderia ser utilizada como objetos de jardinagem, transformando a carcaça de TV em vasos para a planta. Dessa forma, essas medidas, se adotadas, poderiam reduzir o acúmulo de plásticos na comunidade, diminuindo os impactos ambientais e melhorando a qualidade de vida dos moradores. Sendo assim, seria essencial a conscientização de toda a população para melhorar o aspecto econômico e social.

Ao término da redação da carta, os integrantes do grupo tiveram a preocupação de reler o que escreveram e fazer as devidas correções relacionadas ao formato de uma carta, à acentuação e à pontuação. Eles também se preocuparam em conferir a coerência e a coesão das ideias, além das informações presentes no corpo do texto.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, apresentamos a discussão dos resultados, de natureza empírica, à luz dos resultados de natureza teórica, obtidos a partir dos referenciais teóricos adotados e das visões apresentadas ao longo do segundo capítulo. Optamos por dividir este capítulo em dois tópicos, uma vez que tal divisão gerou evidências que subsidiaram a discussão de nossas questões de pesquisa.

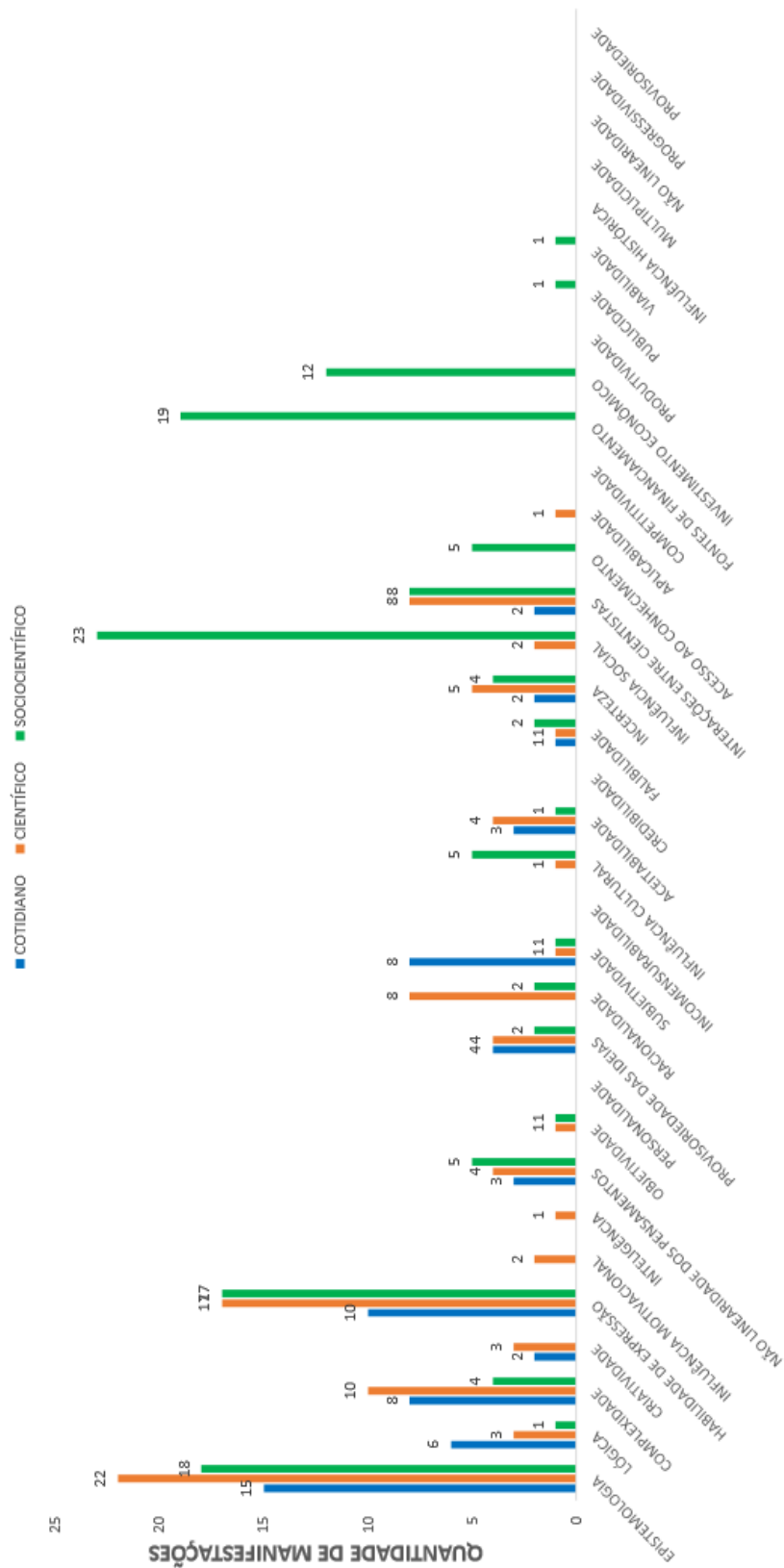
6.1 Aspectos Manifestados

A partir da análise dos dados contidos no estudo de caso à luz dos aspectos constituintes das áreas representadas na segunda versão do Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências (MoCEC v.2), foi possível identificar e quantificar os aspectos manifestados, isto é, expressos ou vivenciados pelos estudantes ao longo do processo, ou seja, ao participarem das atividades de modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico (gráfico 6.1).

Antes de discutirmos os dados representados no gráfico 6.1, optamos por apresentar um exemplo de cada aspecto que foi identificado e quantificado ao longo do processo, ou seja, ao longo dos diferentes contextos investigados. Os exemplos são apresentados na ordem em que os aspectos aparecem no gráfico 6.1. Além disto, identificamos se o aspecto manifestado foi expresso ou vivenciado pelos estudantes ao longo do processo, bem como, quando necessário, apresentamos algumas considerações relacionadas à identificação de determinados aspectos. Acreditamos que tais apresentações são fundamentais para a compreensão das relações e discussões que são realizadas em seguida.

Os exemplos apresentados a seguir passaram pela primeira, segunda e terceira versão do processo de análise de dados e o critério de escolha dos mesmos foi a representatividade do trecho em relação à descrição de cada aspecto.

Gráfico 6.1 – Quantitativo de manifestações dos estudantes em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 nos contextos investigados.



ASPECTOS CONSTITUINTES DAS ÁREAS REPRESENTADAS NO MoCEC v.2

Fonte: Autoria nossa.

Área – Filosofia da Ciência

Aspecto – Epistemologia – E e P: a Filosofia da Ciência pode apresentar uma reflexão do todo, ou seja, em torno da natureza, objetivos, valores, critérios, processos e práticas científicas. Portanto é uma área que possibilita uma reflexão dos limites e dos alcances relacionados à construção da própria Ciência.

Para finalizar a Atividade 3, a professora retomou todo o processo vivenciado pelos estudantes:

Vocês criaram um modelo, vocês testaram esse modelo e agora vocês aplicaram esse modelo em uma situação diferente. Qual era o objetivo desta última atividade? Verificar a abrangência e as limitações de seus modelos, ou seja, o modelo fica adequado quando eu penso em outras situações? Sim? Não? Em partes? Em quais partes? O objetivo dessa atividade não foi que vocês reformulassem seus modelos e sim que percebessem se seus modelos eram abrangentes ou se eram limitados.

Para complementar, ela ressaltou que, caso o modelo proposto pelos estudantes não fosse capaz de explicar o funcionamento do caixa eletrônico, não significava que ele seria invalidado e sim que ele era capaz de explicar apenas o funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante, ou seja, era limitado àquele propósito. Além disso, destacou que, caso algum modelo explicasse o funcionamento básico de ambos, máquina de vender latas de refrigerante e caixa eletrônico, isto não significaria que ele seria melhor do que os demais, e sim que ele era mais abrangente se comparado a um outro modelo que explicava, por exemplo, apenas o funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante [aspecto vivenciado, modelagem contexto cotidiano, texto completo na p. 90].

O aspecto *epistemologia* foi identificado, principalmente, em trechos relacionados às intervenções da professora como, por exemplo, quando ela solicitava que o grupo de estudantes socializasse seus modelos para a turma e quando ela realizava as discussões finais com a turma. Isto porque, em ambas as situações, era provável ocorrer uma reflexão sobre o processo de construção do conhecimento científico. Além disto, tal aspecto foi também identificado em trechos relacionados às perguntas feitas pela PQ2, visto que a maioria delas estava relacionada ao processo vivenciado pelo grupo ao longo das atividades de modelagem.

O exemplo escolhido é um trecho que apresenta uma discussão realizada pela professora ao final da Atividade 3 e o mesmo foi codificado tanto para professora (P) que expressou, quanto para os estudantes (E) que vivenciaram o que estava sendo expresso.

Aspecto – Lógica – E: a Filosofia da Ciência pode discutir a maneira de pensar e os raciocínios relacionados à construção do conhecimento científico.

Vânia respondeu que, durante os momentos de *criação e expressão* do modelo, os integrantes do grupo não haviam pensado naquilo [o fato de a máquina fornecer troco para o cliente] mas que, quando os outros grupos apresentaram seus modelos e levantaram tal possibilidade, ela fez uma busca na *internet* com o objetivo de saber mais, pois não tinha certeza de se aquele tipo de máquina fornecia troco [aspecto vivenciado, modelagem contexto cotidiano, texto completo na p. 80].

O aspecto *lógica* foi prioritariamente identificado em trechos relacionados às perguntas feitas pela PQ3, uma vez que a maioria delas buscava explicações sobre a maneira de pensar e os raciocínios dos estudantes relacionados às atividades, assim como as respostas dadas por eles.

O exemplo escolhido foi codificado em outros três aspectos, sendo dois deles constituintes da área Psicologia da Ciência: *não linearidade dos pensamentos e provisoriedades das ideias* (relacionados às lembranças dos pensamentos e à mudança de ideia dos estudantes ao longo dos processos de produção e uso do conhecimento científico) e o terceiro da área Sociologia da Ciência: *incerteza* (relacionado à insegurança e as dúvidas manifestas pelos estudantes). Neste caso, aconteceu o que denominamos de sobreposição de aspectos (apresentado e discutido no próximo tópico), assim como de áreas.

Área – Psicologia da Ciência

Aspecto – Complexidade – E: a Psicologia da Ciência pode discutir como o cientista pode ter dificuldades para compreender determinado conhecimento científico devido à sua complexidade durante os processos de produção e uso do mesmo.

Daniela: *O processo de reciclagem é mais complexo se comparado ao da máquina de refrigerante.*

.
.
.50

Vânia: *Não achava que a reciclagem era tão difícil...*⁵¹ [aspecto vivenciado, modelagem contexto sociocientífico, texto completo na p. 164].

Para o aspecto *complexidade*, consideramos as dificuldades manifestas pelos estudantes, assim como a preocupação dos mesmos com as dificuldades que os demais colegas da turma poderiam vir a ter no momento de socialização de seus modelos.

O exemplo escolhido é composto por dois trechos que constituem um mesmo diálogo, que ocorreu durante a última intervenção de PQ2 após a discussão da Atividade 12. Portanto, estes dois trechos foram codificados em dois aspectos: *complexidade*, visto que as informações contidas nos trechos se referem a tal aspecto (relacionado com as dificuldades manifestas pelos estudantes); e *epistemologia*, constituinte da área Filosofia da Ciência, uma vez que o trecho apresenta a resposta a uma pergunta relacionada ao processo vivenciado pelo grupo ao longo de todas as atividades.

Aspecto – Criatividade – E: a Psicologia da Ciência pode discutir a capacidade que o cientista possui para criar, produzir e/ou inventar algo novo, bem como inovar a partir de algo que já exista, durante os processos de produção e uso do conhecimento científico.

Em alguns momentos, quando não conseguiam explicar o modo de funcionamento da máquina, eles reclamavam por nunca terem visto como é uma daquelas máquinas por dentro [aspecto vivenciado, modelagem contexto cotidiano, texto completo na p. 79].

Para o aspecto *criatividade*, consideramos também a imaginação e a curiosidade manifestas pelos estudantes ao longo das atividades.

⁵⁰ Os pontos (.) foram utilizados para indicar que utilizamos, como exemplo, apenas parte da fala da estudante e que utilizamos parte da fala de outra estudante presente no mesmo diálogo.

⁵¹ As reticências (...) foram utilizadas para indicar que a fala da estudante não foi codificada por completo.

O exemplo escolhido, apesar de não ser um trecho manifestado na íntegra pelo grupo, e sim uma síntese de tal manifestação realizada pela pesquisadora (eu), permite inferir a ocorrência do aspecto criatividade. Isto porque o grupo teve que imaginar como era uma máquina de vender latas de refrigerante por dentro e ser criativo na proposição de um modelo que explicasse o funcionamento de tal máquina.

Este exemplo, juntamente com parte de informações anteriores, foi codificado em outro aspecto constituinte desta mesma área: *habilidade de expressão* (relacionado aos modos de expressão do modelo).

Aspecto – Habilidade de expressão – E: a Psicologia da Ciência pode discutir a capacidade que o cientista possui de expressar algo, seja de forma verbal e/ou visual, por exemplo, ao pensar e/ou produzir analogias e modelos durante os processos de produção e uso do conhecimento científico.

Luíza e Daniela: *Não, teve a parte escrita também.*

A partir desta resposta, Luíza e Daniela reconheceram que o modelo ia além do desenho, pois perceberam que apenas o desenho das partes externa e interna da máquina de vender latas de refrigerante não era suficiente para explicar seu funcionamento. Para tanto, era preciso o registro escrito que explicava todas as características do modelo representado em dois desenhos (figuras 5.2 e 5.3) [aspecto vivenciado, modelagem contexto cotidiano, texto completo nas p. 83-84].

O aspecto *habilidade de expressão* foi identificado associado às manifestações dos estudantes (i) nos momentos de socialização de seus modelos nos variados modos de representação – por exemplo, verbal (oral ou escrito), visual (bidimensional) e concreto (tridimensional) (como proposto em GILBERT *et al.*, 2000); e (ii) relacionadas aos materiais utilizados na etapa de *expressão* de seus modelos.

Este aspecto foi identificado como vivenciado no exemplo escolhido, visto que o trecho codificado faz parte de um diálogo que ocorreu durante uma das intervenções realizadas por PQ2. Apesar de PQ2 fazer perguntas principalmente relacionadas ao processo vivenciado pelo grupo ao longo das atividades, neste caso as informações contidas no trecho não se relacionavam à descrição do aspecto *epistemologia*,

constituente da área Filosofia da Ciência. Portanto, tal trecho foi codificado apenas no aspecto *habilidade de expressão*.

Aspecto – Influência motivacional – E: a Psicologia da Ciência pode discutir as influências que a motivação do cientista, seja ela intrínseca e/ou extrínseca, pode sofrer e/ou exercer em relação a determinado conhecimento científico.

Mesmo de posse dos “novos” modelos concretos, produzidos a partir do aproveitamento do modelo proposto para a sacola na Atividade 7, os integrantes do grupo queriam elaborar os modelos que eles haviam pensando antes da intervenção de PQ3 [aspecto expesso, modelagem contexto científico, texto completo na p. 132].

O aspecto *influência motivacional* foi identificado em momentos relacionados ao “querer” dos estudantes manifestado ao longo das atividades.

Este exemplo foi codificado em outro aspecto constituinte desta mesma área: *não linearidade dos pensamentos* (relacionado ao “vai e vem” dos pensamentos dos estudantes ao longo dos processos de produção e uso do conhecimento científico).

Aspecto – Inteligência – E: a Psicologia da Ciência pode discutir habilidades do cientista relacionadas a como ele compreende e relaciona determinado conhecimento científico durante os processos de produção e uso do mesmo.

G1 [um completando a fala do outro]: *Uma [o cientista] pessoa muito inteligente, não uma pessoa fora do normal, mas tem que ser muito, muito, muito inteligente...* [aspecto expesso, modelagem contexto científico, texto completo na p. 118].

Este exemplo juntamente com parte de informações posteriores foi codificado em outro aspecto constituinte da área Sociologia da Ciência: *interações entre cientistas* (relacionado às contribuições dos estudantes devido ao fato de um complementar a fala/ideia do outro durante o processo de produção do conhecimento científico).

Aspecto – Não linearidade dos pensamentos – E: a Psicologia da Ciência pode discutir como o pensamento do cientista não se modifica linearmente ao longo dos processos de produção e uso do conhecimento científico.

Vânia: ... *Na máquina de refrigerante entra dinheiro para lá e na da indústria não... Não, entra também quando compra a sacola, entra...* [aspecto vivenciado, modelagem contexto sociocientífico, texto completo na p. 164].

O aspecto *não linearidade dos pensamentos* é dependente do processo (mais especificamente de várias manifestações ao longo do processo). Portanto, ele foi identificado associado às manifestações relacionadas a possíveis confusões, lembranças e o “vai e vem” dos pensamentos dos estudantes ao longo das atividades.

Este exemplo (com e sem outras informações complementares) foi codificado em outros dois aspectos, sendo um deles desta mesma área: *provisoriedade das ideias* (relacionada à mudança de ideia dos estudantes), que também é um aspecto processual; e outro constituinte da área Filosofia da Ciência: *epistemologia*, visto que, mais uma vez, o trecho codificado faz parte de um diálogo que ocorreu durante uma das intervenções realizadas por PQ2 em relação ao processo vivenciado pelo grupo ao longo das atividades.

Aspecto – Objetividade – E: a Psicologia da Ciência pode discutir como o cientista pode pensar e agir de maneira direta, ou seja, ser focado em uma meta durante os processos de produção e uso do conhecimento científico.

Luíza: *Porque só a sacola “derrete”* [aspecto vivenciado, modelagem contexto sociocientífico, texto completo na p. 141].

O aspecto *objetividade* foi identificado como vivenciado no exemplo escolhido, visto que o trecho codificado faz referência ao processo de produção do conhecimento científico vivenciado por Luíza e pelos demais integrantes do grupo ao longo das atividades de modelagem no contexto científico; assim como uso do mesmo logo na primeira atividade de modelagem no contexto sociocientífico.

Aspecto – Provisoriedade das ideias – E: a Psicologia da Ciência pode discutir como o cientista pode mudar de ideia ao longo dos processos de produção e uso do conhecimento científico.

PQ2: *Os cientistas também podem mudar de ideia?*

G1: *Sim, podem* [aspecto vivenciado, modelagem contexto científico, texto completo na p. 117].

Como mencionado anteriormente, este aspecto, assim como o *não linearidade dos pensamentos*, é um aspecto processual. Por este motivo, na maioria das vezes, um mesmo trecho foi codificado em ambos os aspectos. Todavia, isto nem sempre aconteceu. O exemplo escolhido é um trecho que foi codificado apenas no aspecto *provisoriedade das ideias*, visto que o mesmo apresenta uma resposta dada a uma

pergunta feita pela PQ2 diretamente relacionada ao aspecto em questão. O contrário, isto é, um trecho que foi codificado apenas no aspecto *não linearidade dos pensamentos*, pode ser exemplificado ao utilizarmos o exemplo escolhido para o aspecto *influência motivacional*. Neste caso, as informações contidas no mesmo nos mostram justamente que o grupo não mudou de ideia, e sim que retomou uma ideia anterior.

O aspecto *provisoriedade das ideias* foi identificado como vivenciado no exemplo escolhido, visto que o trecho codificado faz parte de um diálogo que ocorreu durante uma das intervenções realizadas por PQ2 relacionada ao fato de o cientista poder mudar de ideia em meio aos processos de produção e uso do conhecimento científico, e que também pode ser vivenciado pelo grupo ao longo das atividades de modelagem nos três contextos investigados. Por este motivo, tal trecho também foi codificado em outro aspecto constituinte da área Filosofia da Ciência: *epistemologia*.

Aspecto – Racionalidade – E: a Psicologia da Ciência pode discutir como o cientista pode pensar e agir em conformidade com a razão, isto é, como ele pode relacionar pensamentos seguindo alguma lógica, durante os processos de produção e uso do conhecimento científico.

Luíza: *Não, porque tipo a gente pensou... Eu tinha pensando que ia derreter muito, mas não derreteu. Ela [carcaça de TV] só... só um pouquinho na beirada.*

Daniela: *Não, como é plástico... É um plástico duro, não é?... A gente pensou que fosse derreter. Porque plástico derrete e a sacola também é plástico [aspecto vivenciado, modelagem contexto científico, texto completo na p. 116].*

No aspecto *racionalidade*, consideramos as manifestações relacionadas a toda e qualquer previsão que os estudantes fizeram ao longo das atividades, assim como respostas dadas por eles relacionadas a tais previsões.

O aspecto *racionalidade* foi identificado como vivenciado no exemplo escolhido, visto que o trecho codificado faz parte de um diálogo que ocorreu durante uma das intervenções realizadas por PQ2 relacionadas ao processo vivenciado pelo grupo ao fazer previsões nas atividades. Apesar de PQ2 fazer perguntas principalmente relacionadas ao processo vivenciado pelo grupo ao longo das atividades, neste caso as informações contidas no trecho não se relacionavam à descrição do aspecto

epistemologia, constituinte da área Filosofia da Ciência. Portanto, tal trecho foi codificado apenas no aspecto *racionalidade*.

Aspecto – Subjetividade – E: a Psicologia da Ciência pode discutir como os modos de pensar e/ou agir do cientista se relacionam com suas próprias concepções, que podem ser diferentes das de outro indivíduo.

Luíza: *O cabelo dele sempre branco e alto, parece que levou choque* [aspecto expreso, modelagem contexto cotidiano, texto completo na p. 84].

O aspecto *subjetividade* foi identificado principalmente na subetapa de obtenção de informações através de fonte interna como as ideias prévias dos estudantes manifestadas na etapa de *criação* do proto-modelo (como caracterizada em GILBERT; JUSTI, 2016).

O trecho codificado faz parte de um diálogo que ocorreu durante uma das intervenções relacionadas ao processo vivenciado pelo grupo ao longo das atividades, realizadas por PQ2 e, por este motivo, também foi codificado em outro aspecto constituinte da área Filosofia da Ciência: *epistemologia*. Em relação ao aspecto *subjetividade*, ele foi identificado como expreso porque é uma resposta dada a uma pergunta, feita por PQ2, que tinha o objetivo de explorar a visão inicial do grupo *sobre* Ciências.

Área – Antropologia da Ciência

Aspecto – Influência Cultural – E: a Antropologia da Ciência pode discutir as influências que a cultura pode sofrer e/ou exercer em relação a determinado conhecimento científico. Assim, indivíduos que manifestam diferentes culturas podem interpretar um mesmo fenômeno de maneiras diferentes.

Dando continuidade, Luíza falou:

Então, antes de qualquer coisa, as pessoas teriam que coletar o lixo da comunidade [aspecto expreso, modelagem contexto sociocientífico, texto completo na p. 146].

Para identificar o aspecto *influência cultural*, consideramos as manifestações do grupo relacionadas ao conceito de cultura segundo Laraia (2001), isto é, um conjunto de crenças, hábitos, formas de vestir, pensar, agir, falar, comer, caminhar, rezar, entre

outros. Em outras palavras, cultura é o que é passado, adquirido, aprendido, vivido e compartilhado entre os indivíduos.

O aspecto *influência cultural* foi identificado como expresso no exemplo escolhido, visto que o trecho codificado se trata apenas da repetição da descrição do aspecto por parte dos estudantes, mais especificamente, com relação à mudança de hábitos dos moradores da comunidade fictícia.

Área – Sociologia da Ciência

Aspecto – Aceitabilidade – E e P: a Sociologia da Ciência pode discutir como o conhecimento é produzido, comunicado, avaliado, revisado e validado pelos cientistas para que seja aceito como científico.

... ela destacou que eles haviam elaborado modelos semelhantes e que isso indicava que a turma havia chegado a um modelo consensual, ou seja, um modelo que expressava a ideia da maioria dos grupos [aspecto vivenciado, modelagem contexto científico, texto completo na p. 124].

O aspecto *aceitabilidade* foi identificado prioritariamente nos trechos em que ocorreram manifestações relacionadas aos modelos consensuais da turma.

O exemplo escolhido é parte de um trecho que apresenta uma discussão realizada pela professora no início de uma aula. Por isto ele foi codificado tanto para professora (P), que o expressou, quanto para os estudantes (E), que vivenciaram o que estava sendo expresso.

Aspecto – Falibilidade – E: a Sociologia da Ciência pode discutir como os cientistas identificam e lidam com erros durante o processo de produção do conhecimento científico.

Luíza: *Vimos que tinha defeitos ao testar o modelo e modificamos o modelo* [aspecto vivenciado, modelagem contexto cotidiano, texto completo na p. 91].

O aspecto *falibilidade* não é coerente com a modelagem, uma vez que não existe modelo certo ou errado, e sim modelo abrangente ou limitado (como discutido em GILBERT; JUSTI, 2016). Entretanto, como o trecho foi codificado sob a perspectiva dos estudantes, as informações contidas no mesmo se referem ao aspecto em questão, pois indica que eles entendiam que modelos seriam certos ou errados.

Aspecto – Incerteza – E: a Sociologia da Ciência pode discutir como os cientistas lidam com as incertezas, mais precisamente como eles tomam consciência, se posicionam, e/ou, quando necessário, tomam decisões frente a elas.

... os integrantes grupo iniciaram o processo de elaboração de seu modelo, mas apresentaram dúvidas com relação à utilização dos palitos de dente. Eles não sabiam se os palitos menores seriam capazes de representar a proximidade entre as macromoléculas e se os palitos maiores seriam capazes de representar o afastamento entre as macromoléculas. Diante dessa dúvida, eles chamaram a professora. [aspecto vivenciado, modelagem contexto científico, texto completo na p. 104].

Para identificar o aspecto *incerteza*, consideramos a insegurança e as dúvidas manifestas pelos estudantes ao longo das atividades.

O aspecto *incerteza* foi identificado como vivenciado no exemplo escolhido, visto que o trecho codificado está relacionado às dúvidas que os estudantes manifestaram ao longo da Atividade 7.

Aspecto – Influência social – E: a Sociologia da Ciência pode discutir as influências que a sociedade na qual os cientistas estão inseridos pode sofrer e/ou exercer durante o processo de produção do conhecimento científico. Por exemplo, a Sociologia da Ciência pode discutir como demandas sociais influenciam no envolvimento de cientistas com determinado tema e/ou como as pesquisas realizadas interferem no meio social.

G1: *Ambientais e na saúde também* [aspecto expresso, modelagem contexto científico, texto completo na p. 118].

Para identificar o aspecto *influência social*, consideramos as manifestações dos estudantes relacionadas aos possíveis impactos, negativos ou positivos, ocasionados pelos indivíduos em sociedade.

O aspecto *influência social* foi identificado como expresso, pois constituiu parte de um diálogo que ocorreu durante uma das intervenções relacionadas ao processo vivenciado pelo grupo ao longo das atividades, realizadas por PQ2.

Aspecto – Interações entre cientistas – E: a Sociologia da Ciência pode discutir os diferentes modos de interação entre cientistas, por exemplo, parcerias, contribuições, discordâncias e disputas durante o processo de produção do conhecimento científico.

Vânia: *Eu acho que trabalham muitas pessoas, até mesmo para eles compartilharem.*

Luíza: *Eu acho que cada um vai pesquisando uma coisa, até formar aquilo tudo. Por exemplo, para fazer uma vacina, não tem como só um pensar para fazer uma vacina. Eles também são cientistas, não é? Cada um vai fazendo até chegar num consenso [aspecto expresso, modelagem contexto cotidiano, texto completo na p. 85].*

O trecho codificado faz parte de um diálogo que ocorreu durante uma das intervenções relacionadas ao processo vivenciado pelo grupo ao longo da Atividade 1, realizadas por PQ2 e, por este motivo, também foi codificado em outro aspecto constituinte da área Filosofia da Ciência: *epistemologia*. Em relação ao aspecto *interações entre cientistas*, ele foi identificado como expresso porque é uma resposta dada a uma pergunta, feita por PQ2, que tinha o objetivo de explorar a visão inicial do grupo *sobre Ciências*.

Área – Economia da Ciência

Aspecto – Acesso ao conhecimento – E: a Economia da Ciência pode discutir a questão da exclusividade do acesso ao conhecimento científico e suas implicações no valor monetário agregado ao mesmo, além de quem pode usufruir, direta ou indiretamente, de tal conhecimento.

G1: *Elas podem ser vendidas para outras empresas, por exemplo, supermercados [aspecto expresso, modelagem contexto sociocientífico, texto completo na p. 146].*

Parte deste exemplo foi codificada em outro aspecto constituinte desta mesma área: *fontes de financiamento* (relacionado às manifestações dos estudantes que se referiam ao supermercado).

Aspecto – Aplicabilidade – E: a Economia da Ciência pode discutir o interesse das instituições que estão envolvidas nos processos de produção, desenvolvimento e/ou aplicação do conhecimento científico na utilização do mesmo.

Daniela complementou ao falar que tais características poderiam convencer o cliente a comprar tal modelo/projeto [aspecto expresso, modelagem contexto científico, texto completo na p. 108].

Este exemplo (com outras informações complementares) também foi codificado em outro aspecto constituinte da área Filosofia da Ciência: *lógica*, visto que se trata de uma resposta dada a uma pergunta relacionada à maneira de pensar e aos raciocínios

dos estudantes com relação ao porquê de o modelo proposto ao longo da Atividade 7 ser bem complexo, feita por PQ3.

Aspecto – Fontes de financiamento E: a Economia da Ciência pode discutir à variedade de instituições, incluindo universidades, centros de pesquisas, laboratórios industriais, agências governamentais, empresas spin-off, entre outras, responsáveis pelo financiamento de pesquisas científicas.

Luíza e Vânia sugeriram a proposição de uma indústria que faria a separação dos materiais presentes no lixo coletado como, por exemplo, sacolas e latinhas de alumínio. Segundo as estudantes, as sacolas seriam destinadas para o setor de “derretimento” e modelagem dessa mesma indústria, já as latinhas de alumínio seriam encaminhadas para uma outra indústria [aspecto expresso, modelagem contexto sociocientífico, texto completo na p. 146].

Para identificar o aspecto *fontes de financiamento*, consideramos as manifestações dos estudantes que se referiam a, por exemplo, empresas, indústrias, pessoas, ONG e supermercados.

No exemplo escolhido, as informações que foram codificadas são apenas aquelas que se encontram sublinhadas, ou seja, em um mesmo trecho a palavra indústria, que se refere à descrição do aspecto *fontes de financiamento*, foi quantificada⁵² duas vezes. Isto porque, apesar de ser a mesma palavra/fonte de financiamento trata-se de duas indústrias diferentes.

Aspecto – Investimento econômico – E: a Economia da Ciência pode discutir como o investimento ao longo dos processos de produção, desenvolvimento e aplicação do conhecimento científico é gradativo e depende dos resultados desses processos e de fatores sociais, políticos, ambientais, dentre outros.

G1: ... e o dinheiro arrecadado pode ser utilizado para ampliar a indústria [aspecto expresso, modelagem contexto sociocientífico, texto completo na p. 146].

⁵² Este critério foi utilizado ao longo de todo o processo de análise de dados, assim como o contrário deste. Por exemplo, se em um mesmo trecho apareceu a mesma palavra e/ou informação referente à descrição de um mesmo aspecto e a ideia era a mesma, o mesmo foi codificado e, portanto, quantificado, apenas uma vez.

Parte deste exemplo foi codificado em outro aspecto constituinte desta mesma área: *fontes de financiamento* (relacionado às manifestações dos estudantes que se referiam à indústria responsável por realizar o processo de reciclagem).

Aspecto – Publicidade – E: a Economia da Ciência pode discutir o interesse das instituições que estão envolvidas nos processos de produção, desenvolvimento e aplicação do conhecimento científico na divulgação do mesmo com objetivo de obter financiamento e/ou mercantilização e comercialização.

Vânia: ... e também para fazer propagandas para conscientizar a comunidade sobre o problema [aspecto expresso, modelagem contexto sociocientífico, texto completo na p. 147].

O aspecto *publicidade* foi identificado como expresso no exemplo escolhido, visto que o trecho codificado se trata apenas da repetição da descrição do aspecto por parte dos estudantes, ou seja, Vânia falou sobre propagandas relacionando-as à divulgação (neste caso do problema de acúmulo de plásticos) em uma das intervenções realizadas por PQ3 ao longo da Parte B da Atividade 10.

Aspecto – Viabilidade – E: a Economia da Ciência pode discutir o processo de avaliação para definir e/ou justificar os investimentos em pesquisas científicas.

Daniela: Talvez as pessoas não invistam em função de a reciclagem ser algo novo [aspecto expresso, modelagem contexto sociocientífico, texto completo na p. 147].

O aspecto *viabilidade* foi identificado neste trecho, visto que as informações contidas no mesmo indicam que as pessoas poderiam não investir na ONG que promoveria a reciclagem após determinada avaliação e conclusão de que a reciclagem é um processo novo.

Este mesmo exemplo (com outras informações complementares) foi codificado em outros dois aspectos constituintes desta mesma área: *fontes de financiamento* (em função de a manifestação de Daniela se referir às pessoas responsáveis por realizar ou não determinado investimento na ONG) e *investimento econômico* (devido à necessidade de investimento econômico na ONG, que seria responsável por realizar o processo de reciclagem da sacola comum de supermercado).

Retomando os dados representados no gráfico 6.1, observamos a presença de vinte e quatro conjuntos de barras (unitários, duplos ou triplos) que representam a variedade de aspectos, exemplificados anteriormente, manifestados pelos integrantes

do grupo analisado ao longo do processo. O gráfico 6.1 também indica que dez aspectos não foram manifestados pelo grupo ao longo deste processo.

Apesar de nossa unidade de análise ter sido um grupo de estudantes, também identificamos e quantificamos, ou seja, codificamos os aspectos manifestados pela professora e pelas pesquisadoras ao longo do processo (como apresentado e justificado no quarto capítulo). Portanto, optamos também por apresentá-los (gráfico 6.2), visto que a ação de codificar os aspectos separadamente nos permitiu visualizar alguns padrões discutidos a seguir.

Ao compararmos os gráficos 6.1 e 6.2, percebemos que, dos 24 aspectos manifestados pelos estudantes, apenas os aspectos *epistemologia e lógica* (Filosofia da Ciência); *habilidade de expressão* (Psicologia da Ciência); e *aceitabilidade e interações entre cientistas* (Sociologia da Ciência) foram manifestados tanto pelos estudantes (E) quanto pela professora e pelas pesquisadoras (P) nos três contextos investigados. Isto pode ser explicado devido ao fato de estes aspectos serem inerentes à modelagem. Segundo Gilbert e Justi (2016), a modelagem é um processo cíclico, complexo, criativo, não linear, não predeterminado e, portanto, dinâmico, tanto de elaboração e expressão de modelos, como de utilização dos mesmos para a construção do conhecimento científico. Os aspectos *epistemologia e lógica* são identificados devido ao fato de a modelagem ser um processo que requer uma reflexão, por parte dos estudantes, durante e após a vivência do mesmo. Por exemplo, ao longo de todo o processo, os estudantes devem refletir sobre os limites e alcances não apenas de seus modelos, mas de tudo o que se relaciona com os mesmos (por exemplo, suas ideias, seus raciocínios, os códigos e modos de representação utilizados).

Gráfico 6.2 – Quantitativo de manifestações da professora e das pesquisadoras em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 nos contextos investigados.



ASPECTOS CONSTITUINTES DAS ÁREAS REPRESENTADAS NO MoCEC v.2

Fonte: Autoria nossa.

Além disto, o aspecto *habilidade de expressão* é identificado devido ao fato de o mesmo ser inerente à modelagem – processo no qual modelos são elaborados, expresso e utilizados; o aspecto *aceitabilidade* é identificado devido ao fato de o Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM) requerer que, em um dado momento do processo, a turma chegue a modelos consensuais; e o aspecto *interações entre cientistas* é identificado frequentemente devido ao fato de nossa unidade de análise ter sido um grupo de estudantes que, no EFM, atuavam como “cientistas”, por exemplo, quando trabalhavam em grupos colaborativos com o objetivo de construir conhecimento, evidenciando a relevância das interações sociais ao longo do processo de construção do conhecimento científico.

Ao compararmos os gráficos 6.1 e 6.2, podemos perceber, ainda, que os aspectos *não linearidade dos pensamentos* (Psicologia da Ciência); e *falibilidade e incerteza* (Sociologia da Ciência) foram manifestados apenas pelos estudantes e nos três contextos investigados. Isto se mostra coerente com a nossa unidade de análise, visto que já era esperado que a professora e as pesquisadoras não manifestassem tais aspectos devido ao fato de as mesmas não estarem vivenciando o processo de modelagem e sim conduzindo-o, ou seja, atuando como mediadoras do EFM. Além disto, como mencionado anteriormente, o aspecto *falibilidade* é incoerente com a modelagem, uma vez que não existe modelo certo ou errado, e sim modelo abrangente ou limitado (como discutido em GILBERT; JUSTI, 2016).

Além disso, podemos observar que os aspectos *complexidade, provisoriade das ideias e subjetividade* (Psicologia da Ciência), apesar de não terem sido manifestados apenas pelos estudantes, foram manifestados nos três contextos investigados apenas por eles. Tal observação pode ser entendida como uma evidência da importância de se inserir e discutir os aspectos de Natureza da Ciência (NdC) de maneira explícita (como recomendado em LEDERMAN *et al.*, 2002; ALLCHIN, 2011; IRZIK; NOLA, 2011; ABD-EL-KHALICK, 2012; ALLCHIN, 2012; MATHEWS, 2012; ALLCHIN, 2013; IRZIK; NOLA, 2014; JUSTI; ERDURAN, 2015; ALLCHIN, 2017). Mesmo que eles não tenham sido manifestados pela professora ou pelas pesquisadoras em todos os contextos, talvez o fato de terem sido compreendidos pelos estudantes resultou na manifestação frequente dos mesmos por parte deles.

Analisando o gráfico 6.1, identificamos que, dos dez aspectos que não foram manifestados pelos estudantes, cinco são constituintes da área História da Ciência. Isto pode ser explicado considerando que nenhuma informação histórica fazia parte dos contextos investigados. Todavia, se observarmos o gráfico 6.2, o aspecto *provisoriedade*, constituinte da área História da Ciência, foi manifestado pela professora quando a mesma deu o exemplo do planeta Plutão, que era considerado planeta na década de 90.

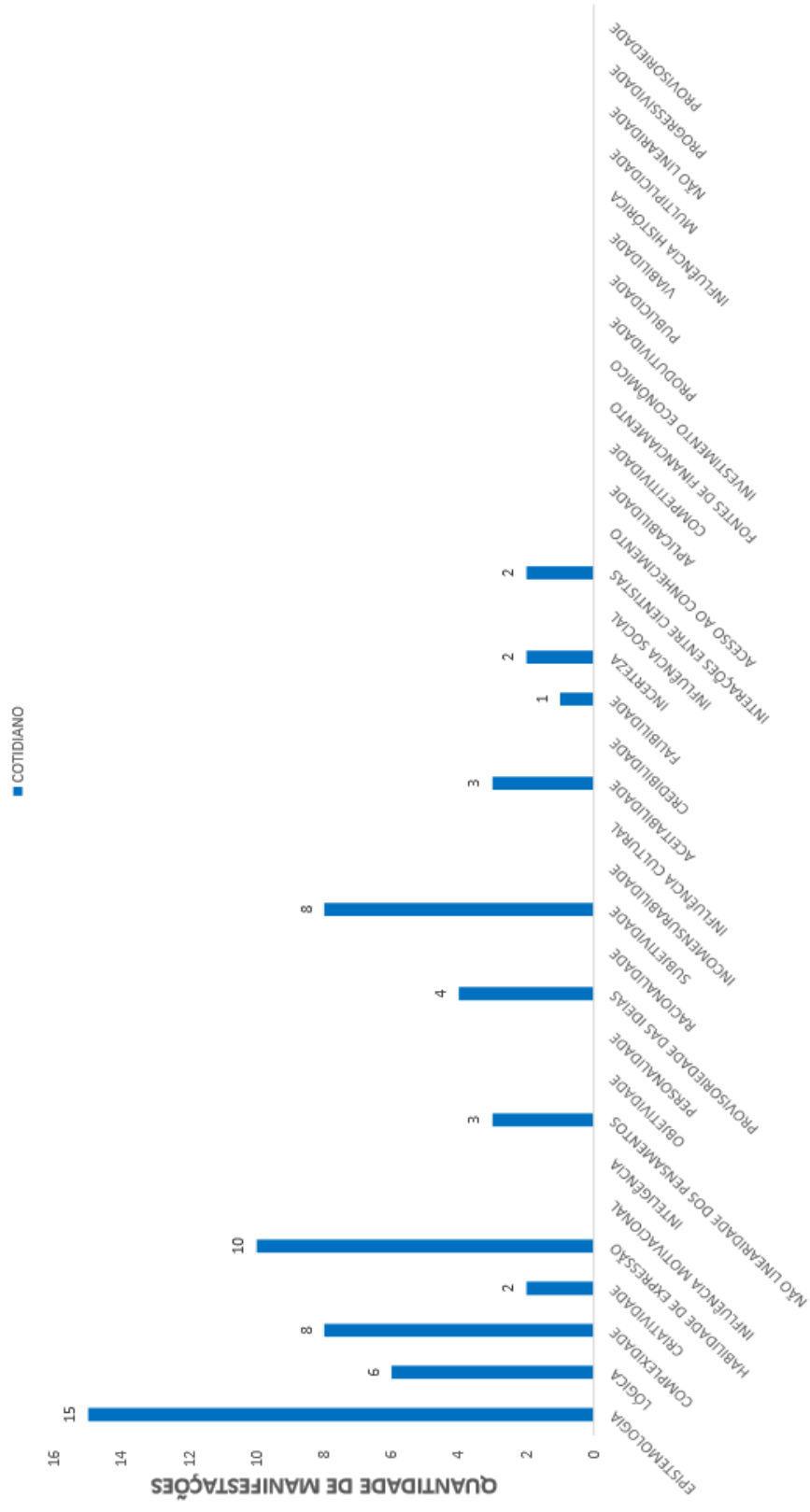
Os outros cinco aspectos que não foram manifestados pelos estudantes foram *incomensurabilidade* (Antropologia da Ciência); *personalidade* (Psicologia da Ciência); *credibilidade* (Sociologia da Ciência); e *competitividade e produtividade* (Economia da Ciência). A ausência do primeiro deles pode ser explicada visto que os contextos investigados não fomentaram a discussão do conceito de cultura em si, e sim alguns poucos e dispersos elementos como, por exemplo, os hábitos de moradores de uma comunidade fictícia, que se relacionam com tal conceito. A ausência dos aspectos *personalidade* e *credibilidade* também pode ser explicada (i) pelos contextos, pois os mesmos não fomentaram a discussão de tais aspectos; e (ii) pela ausência de informações históricas e, conseqüentemente, de aspectos relacionados a esta área como, por exemplo, relatar o comportamento de determinado cientista ao longo do processo de produção e uso do conhecimento científico ou o *status* do mesmo frente à comunidade científica. Além disso, acreditamos que tais aspectos não foram manifestados pelo grupo em função de o mesmo ter “funcionado” bem como grupo, no sentido de não ter ocorrido nenhuma desavença entre os integrantes do grupo ao longo do processo e de as ideias de todos os membros terem sido valorizadas igualmente ao longo das discussões. Por fim, julgamos que os aspectos *competitividade e produtividade* poderiam ter sido manifestados ao longo do desenvolvimento das atividades de modelagem no contexto sociocientífico, uma vez que tal contexto fomentou a inserção e discussão de aspectos constituintes da área Economia da Ciência (discutido na comparação do gráfico 6.5 com os gráficos 6.3 e 6.4), porém isto não aconteceu. Acreditamos que a ausência de tais aspectos pode ser explicada, visto que o problema que os estudantes tinham que resolver era situado apenas em uma comunidade fictícia. Se, por acaso, o mesmo fosse expandido, talvez os estudantes teriam pensando e manifestado tais aspectos ao proporem seu modelo baseado na reciclagem da sacola

comum de supermercado visando resolver o problema não apenas daquela comunidade, mas de várias outras. Isto porque, ao se expandir o problema, seria necessário, por exemplo, mais de uma indústria responsável por realizar o processo de reciclagem e, provavelmente, neste novo cenário, eles poderiam pensar em *competitividade e produtividade*.

Retomando novamente os gráficos 6.1 e 6.2, observamos que os estudantes manifestaram mais aspectos e com maior frequência se comparado com os aspectos e a frequência com que a professora e as pesquisadoras os manifestaram. Os cinco estudantes manifestaram 24 aspectos diferentes, totalizando 294 codificações, enquanto a professora e as três pesquisadoras manifestaram, juntas, 18 aspectos diferentes, totalizando 161 codificações. Esta diferença é uma evidência de que, apesar de a professora e as pesquisadoras terem inserido e discutido muito dos aspectos manifestados pelos estudantes, outros foram manifestados por eles independente disto. Por outro lado, a existência de aspectos comuns pode ser interpretada como uma evidência de que os estudantes se “apropriaram” dos aspectos manifestados pela professora e pelas pesquisadoras e os continuaram manifestando mesmo que elas não os manifestassem com tanta frequência. Isto se mostra coerente com a nossa pesquisa, visto que assim como vários pesquisadores (por exemplo, LEDERMAN *et al.*, 2002; ALLCHIN, 2011; IRZIK; NOLA, 2011; ABD-EL-KHALICK, 2012; ALLCHIN, 2012; MATHEWS, 2012; ALLCHIN, 2013; IRZIK; NOLA, 2014; JUSTI; ERDURAN, 2015; ALLCHIN, 2017), acreditamos na importância da inserção e discussão de aspectos de NdC de maneira explícita.

Com o intuito de discutir os aspectos manifestados pelos estudantes em cada um dos contextos investigados, desmembramos o gráfico 6.1 em três outros gráficos (6.3, 6.4 e 6.5) sendo que cada um deles representa o quantitativo de manifestações dos estudantes em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 em um contexto: cotidiano, científico e sociocientífico.

Gráfico 6.3 – Quantitativo de manifestações dos estudantes em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 no contexto cotidiano.



ASPECTOS CONSTITUINTES DAS ÁREAS REPRESENTADAS NO MoCEC v.2

Fonte: Autoria nossa.

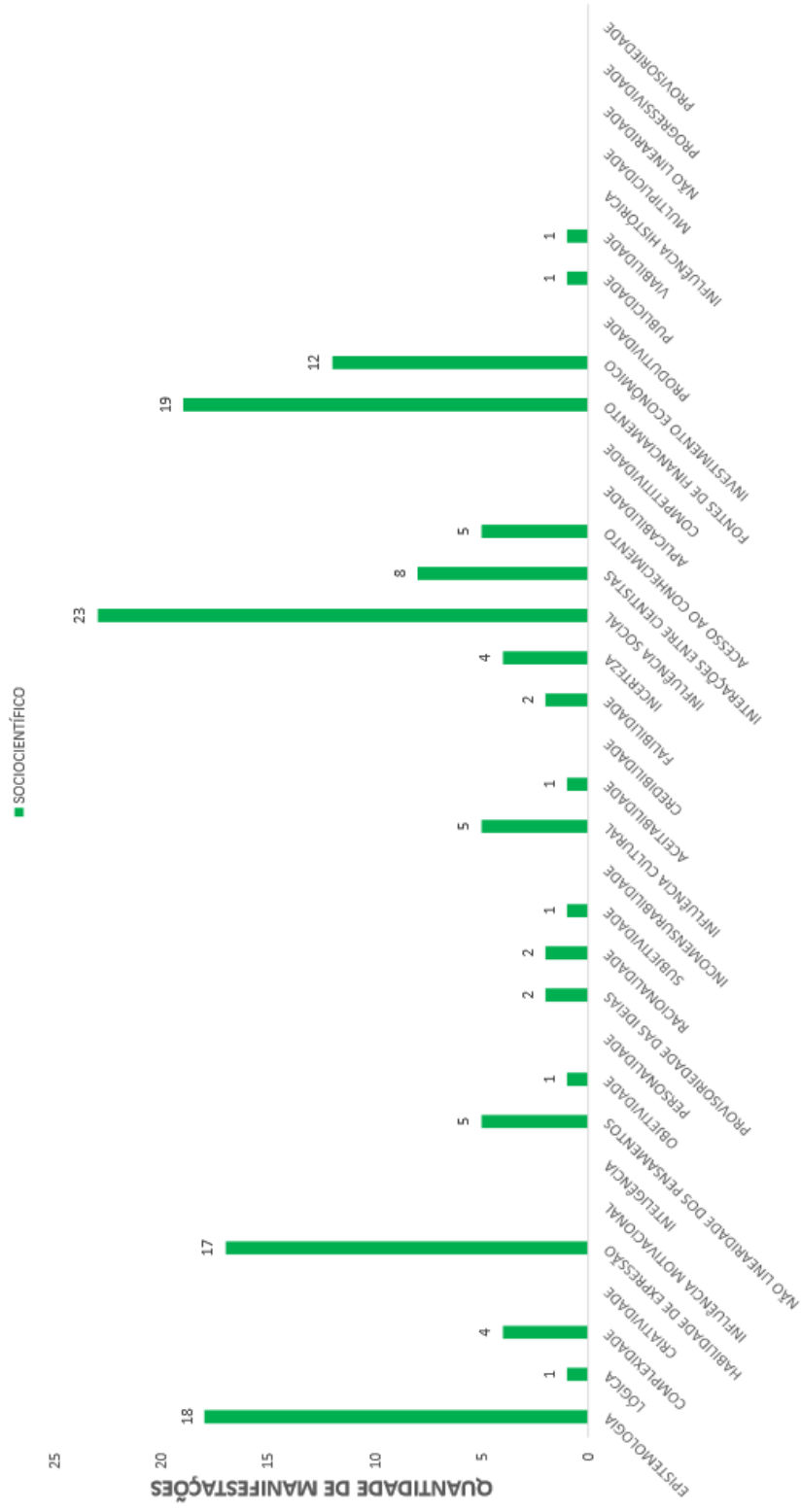
Gráfico 6.4 – Quantitativo de manifestações dos estudantes em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 no contexto científico.



ASPECTOS CONSTITUINTES DAS ÁREAS REPRESENTADAS NO MoCEC v.2

Fonte: Autoria nossa.

Gráfico 6.5 – Quantitativo de manifestações dos estudantes em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 no contexto sociocientífico.



ASPECTOS CONSTITUINTES DAS ÁREAS REPRESENTADAS NO MoCEC v.2

Fonte: Autoria nossa.

Ao compararmos os gráficos 6.3 e 6.4, percebemos que alguns aspectos não foram manifestados pelos estudantes no contexto cotidiano e, portanto, podem ter sido fomentados pelo contexto científico: *influência motivacional, inteligência, objetividade e racionalidade* (Psicologia da Ciência); *influência cultural* (Antropologia da Ciência); *influência social* (Sociologia da Ciência); e *aplicabilidade* (Economia da Ciência). Por outro lado, ao compararmos o gráfico 6.5 com os gráficos 6.3 e 6.4, percebemos que os aspectos que podem ter sido fomentados pelo contexto sociocientífico são: *acesso ao conhecimento, fontes de financiamento, investimento econômico, publicidade e viabilidade*. Tais aspectos são constituintes de uma única área, Economia da Ciência. Portanto, podemos inferir que o contexto sociocientífico fomentou a manifestação de aspectos constituintes de tal área, o que nos parece coerente com a temática discutida naquele contexto. Além disto, retomando a comparação, percebemos que (i) o aspecto *criatividade* (Psicologia da Ciência), que foi manifestado pelos estudantes nos contextos cotidiano e científico, não o foi no sociocientífico; e (ii) os aspectos *influência motivacional e inteligência* (Psicologia da Ciência); e *aplicabilidade* (Economia da Ciência), que foram manifestados pelos estudantes no contexto científico, também, não foram manifestados no sociocientífico.

De modo geral, ao compararmos os gráficos 6.3, 6.4 e 6.5, percebemos que a variedade de aspectos e, conseqüentemente, de áreas, assim como a frequência com que os mesmos foram manifestados, vai aumentando de um contexto para outro, na seqüência em que estes foram vivenciados pelos estudantes. No contexto cotidiano, os estudantes manifestaram 12 aspectos diferentes, constituintes de três áreas (Filosofia, Psicologia e Sociologia da Ciência), totalizando 64 codificações; no contexto científico, eles manifestaram 19 aspectos diferentes, constituintes de cinco áreas (Filosofia, Psicologia, Antropologia, Sociologia e Economia da Ciência), totalizando 98 codificações; e por fim, no contexto sociocientífico, eles manifestaram 20 aspectos diferentes, também constituintes de cinco áreas (Filosofia, Psicologia, Antropologia, Sociologia e Economia da Ciência), totalizando 132 codificações.

Os aumentos na variedade de aspectos manifestados pelos estudantes e na frequência com que os mesmos foram manifestados podem ser explicados por dois motivos. Primeiro, apesar de a abordagem utilizada ter sido a mesma nos três contextos, o EFM, cada contexto possui a sua especificidade. No nosso caso, a modelagem

desenvolvida no contexto cotidiano era mais simples se comparada às demais, o que pode explicar o fato de ter fomentado apenas a manifestação de poucos aspectos por parte dos estudantes. Em seguida, a modelagem desenvolvida no contexto científico envolvia o domínio de diversos conteúdos científicos curriculares, o que a tornava mais complexa se comparada à anterior e contribuía para que eles pensassem de maneira mais ampla no tema. Por fim, a modelagem desenvolvida no contexto sociocientífico, além de envolver os domínios de diversos conteúdos científicos curriculares discutidos na modelagem anterior, solicitava que os estudantes os utilizassem para propor soluções para o problema do acúmulo de plásticos (como discutido em ZEIDLER *et al.*, 2005). Neste caso, não houve um aumento considerado na variedade de aspectos manifestados, e sim na frequência com que os mesmos foram manifestados, sendo que houve maior destaque para os das áreas Antropologia, Sociologia e Economia da Ciência.

Segundo, à medida em que os estudantes vão vivenciando o EFM, eles vão empregando e/ou desenvolvendo habilidades, especialmente as relacionadas à participação em atividades investigativas (como discutido em MAIA, 2009). Por exemplo, na modelagem desenvolvida no contexto sociocientífico, os estudantes manifestaram a maior variedade de aspectos muitos deles com maior frequência do que nos contextos anteriores. Portanto, isto pode indicar a influência das habilidades que os estudantes foram empregando e/ou desenvolvendo ao longo das atividades na medida em que isto pode ter contribuído para que eles ampliassem suas compreensões de o que significa uma atividade científica.

Optamos por desmembrar o gráfico 6.1 em outros três gráficos (6.3, 6.4 e 6.5) apenas para facilitar a visualização de quais aspectos foram manifestados em contextos específicos. Não tínhamos, e nunca tivemos, o objetivo de investigar a relação entre o ensino e aprendizagem *sobre* Ciências a partir do EFM em diferentes contextos, visando comparar os contextos e identificar um como melhor em detrimento de outro. Nosso objetivo em investigar tal relação em três contextos diferentes foi mostrar os aspectos que podem ser manifestados em cada contexto o que, acreditamos, que pode dar suporte à discussão da importância de trabalhar com contextos diversificados. Assim, antes de um professor e/ou pesquisador escolher o contexto em que vai desenvolver alguma atividade, seja ela de modelagem ou não, ele deve pensar em quais aspectos

sobre Ciências gostaria de trabalhar para que possa inseri-los e discuti-los de maneira contextualizada, explícita e integrada (como recomendado em LEDERMAN *et al.*, 2002; ALLCHIN, 2011; IRZIK; NOLA, 2011; ABD-EL-KHALICK, 2012; ALLCHIN, 2012; MATHEWS, 2012; ALLCHIN, 2013; IRZIK; NOLA, 2014; JUSTI; ERDURAN, 2015; ALLCHIN, 2017).

6.2 Visões Manifestadas

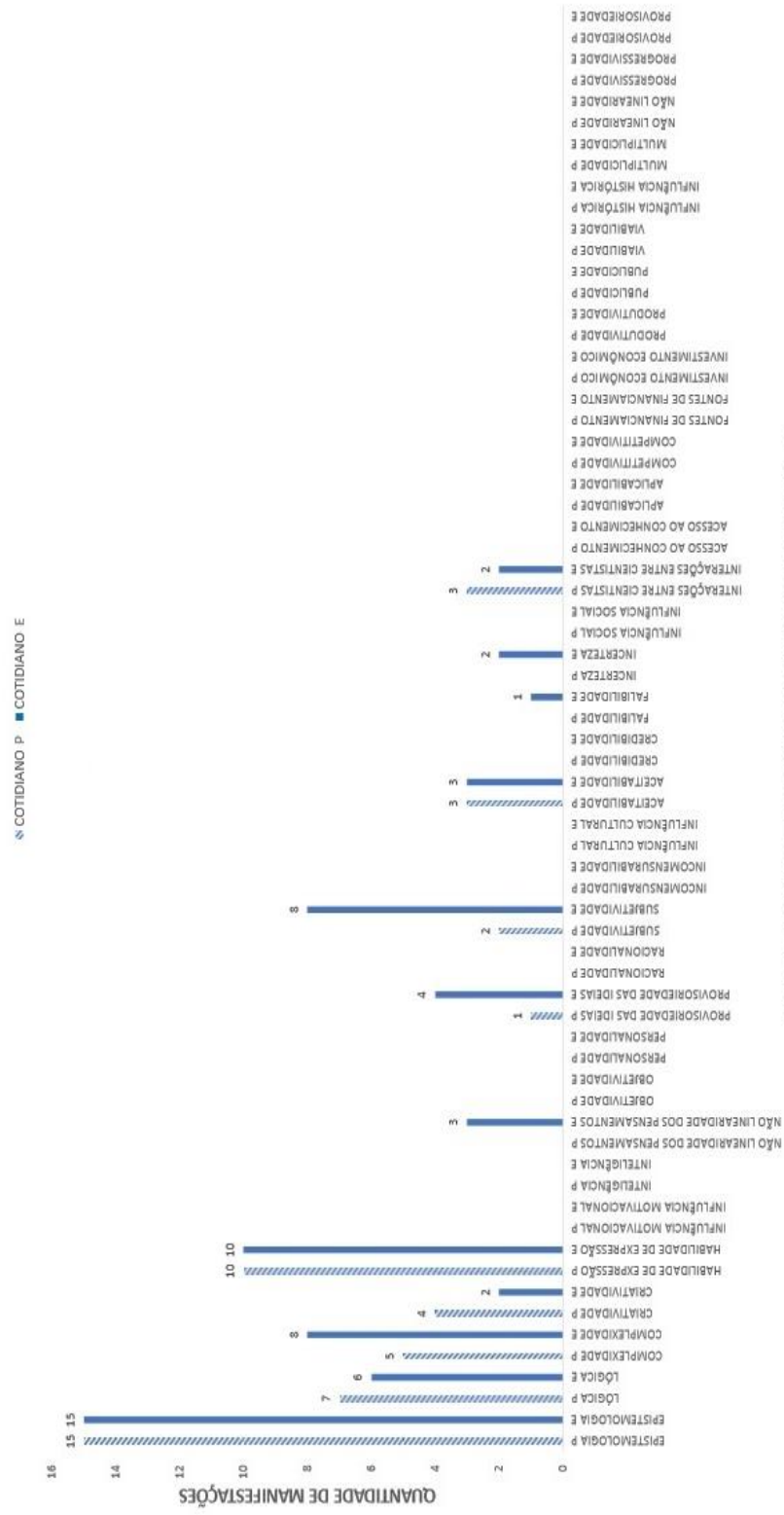
Como mencionado no tópico anterior, a partir da análise dos dados contidos no estudo de caso à luz dos aspectos constituintes das áreas representadas na segunda versão do Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências (MoCEC v.2) foi possível identificar e quantificar os aspectos manifestados, isto é, expressos ou vivenciados não apenas pelos estudantes (nossa unidade de análise), mas também pela professora e pelas pesquisadoras ao longo das atividades de modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico (gráficos 6.6, 6.7 e 6.8, respectivamente).

Optamos por ampliar os gráficos 6.3, 6.4 e 6.5, isto é, incluir os aspectos manifestados pela professora e pelas pesquisadoras, o que originou os gráficos 6.6, 6.7 e 6.8, para discutirmos as visões manifestadas exclusivamente pelos estudantes ao longo do processo.

No gráfico 6.6, observamos um padrão com relação à frequência com que os aspectos são manifestados tanto pela professora e pelas pesquisadoras, quanto pelos estudantes. Por exemplo, para os aspectos *epistemologia* (Filosofia da Ciência), *habilidade de expressão* (Psicologia da Ciência) e *aceitabilidade* (Sociologia da Ciência) observamos a mesma frequência. Além disto, nos aspectos *lógica* (Filosofia da ciência) e *interação entre cientistas* (Sociologia da Ciência), a diferença foi de apenas uma manifestação a mais para a professora e para as pesquisadoras. Isto pode ser explicado novamente devido ao fato de destes cinco aspectos serem inerentes ao processo de modelagem (GILBERT; JUSTI, 2016).

Com relação ao aspecto *complexidade* (Psicologia da Ciência), observamos uma maior frequência de manifestação entre os estudantes. Isto se mostra coerente, visto que eles vivenciaram tal aspecto ao participarem das atividades de modelagem.

Gráfico 6.6 – Quantitativo de manifestações dos estudantes e da professora e das pesquisadoras em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 no contexto cotidiano.



ASPECTOS CONSTITUINTES DAS ÁREAS REPRESENTADAS NO MoCEC v.2

Fonte: Autoria nossa.

Por outro lado, o contrário foi observado em relação ao aspecto *criatividade* (Psicologia da Ciência), ou seja, uma maior frequência de manifestação por parte da professora e das pesquisadoras. Isto pode ser explicado considerando o fato de, em algumas discussões, a professora ter enfatizado que os estudantes tinham que imaginar as entidades a serem modeladas e, portanto, ser criativos.

Como destacado nos exemplos apresentados no tópico anterior, os aspectos *não linearidade dos pensamentos e provisoriedade das ideias* (Psicologia da Ciência) são processuais. Portanto, não era esperado que os mesmos fossem manifestados pela professora e pelas pesquisadoras, uma vez que elas não vivenciaram o processo de modelagem e sim o conduziram. Todavia, observamos que o aspecto *provisorieidade das ideias* foi quantificado uma vez para professora e para pesquisadoras, quando ela, juntamente com os estudantes, concluiu que bastava fazer algumas modificações para complementar o modelo, de maneira que ele fosse capaz de explicar as duas condições apresentadas na Atividade 2.

Para os aspectos *incerteza e falibilidade* (Sociologia da Ciência), novamente não era esperado que os mesmos fossem manifestados pela professora e pelas pesquisadoras, uma vez que elas não vivenciaram o processo de modelagem e sim o conduziram. Portanto, as mesmas não manifestariam, por exemplo, alguma dúvida em relação à elaboração e expressão de modelos. Por outro lado, o aspecto *falibilidade* é incoerente com a modelagem, uma vez que não existe modelo certo ou errado, e sim modelo abrangente ou limitado (GILBERT; JUSTI, 2016). Porém, foi codificado um trecho em que os estudantes entendiam limitação como defeito.

Por fim, com relação ao aspecto *subjetividade* (Psicologia da Ciência), ele também não era esperado entre os manifestados pela professora e pelas pesquisadoras, uma vez que elas não vivenciaram o processo de modelagem e sim o conduziram. Portanto, as mesmas não manifestariam, por exemplo, suas ideias prévias na etapa de *criação* do proto-modelo. Entretanto, tal aspecto foi identificado duas vezes para professora e para as pesquisadoras pois, em dois momentos de discussão final, a professora destacou que os estudantes tiveram que levar em consideração algumas de suas experiências para propor o modelo para explicar o funcionamento de uma máquina de vender latas de refrigerante. Isto configura que, na subetapa de obtenção

de informações através de fonte interna, ideias prévias são importantes na etapa de *criação* do proto-modelo (GILBERT; JUSTI, 2016).

De maneira geral, a partir do gráfico 6.6, com exceção dos aspectos que não eram esperados de ser manifestados pela professora e pelas pesquisadoras (pelos motivos apresentados e explicados anteriormente), a identificação e quantificação dos aspectos manifestados tanto pelos estudantes, quanto pela professora e pelas pesquisadoras são muito próximas. Isto pode ser explicado considerando que aquela foi a primeira vez que aqueles estudantes participaram de atividades de modelagem. Além disso, foi ao longo do desenvolvido desta unidade, mais precisamente após a Atividade 1, que tivemos a oportunidade de explorar a visão inicial dos estudantes *sobre* Ciências. Os resultados encontrados e apresentados no quinto capítulo com relação às imagens que eles tinham sobre cientistas são semelhantes aos divulgados em estudos realizados nos últimos 60 anos. Por exemplo, em um dos trechos em que expressaram suas ideias sobre cientistas, os estudantes afirmaram que:

Natanael: *Jaleco branco.*

Vânia: *Aquelas pessoas de [que fazem] pesquisas e também que... tipo aquelas lá de laboratório, sabe?*

Natanael: *Meio doida, frascos, igual os desenhos mostram, saindo fumacinha, os líquidos vermelhos, verdes e azuis...*

Luíza: *O cabelo dele sempre branco e alto, parece que levou choque [modelagem contexto cotidiano, texto completo na p. 84].*

Ao investigarem as imagens que estudantes do Ensino Médio têm sobre cientistas, Mead e Metraux (1957)⁵³ encontraram que: a aparência de uma pessoa que se dedica à Ciência está atrelada ao fato de a mesma usar jaleco e ser desajeitada e descabelada, assim como ao gênero masculino; o ambiente em que uma pessoa que se dedica à Ciência geralmente é um laboratório (frequentemente de Química); e neste ambiente há tubos de ensaio, frascos, líquidos, entre outros.

⁵³ Um dos trabalhos pioneiros na investigação da imagem que estudantes (uma amostra de 35 mil estudantes americanos) do Ensino Médio têm sobre cientistas. Após este estudo, vários outros (por exemplo, CHAMBERS, 1983; FERNÁNDEZ *et al.*, 2002; KOMINSKI; GIORDAN, 2002; REIS; GALVÃO, 2006; REIS *et al.*, 2006; GALLEGO-TORRES, 2007; MESQUITA; SOARES, 2008; TOMAZI *et al.*, 2009; RIBEIRO; SILVA, 2018) foram realizados, em diferentes níveis de ensino, e os resultados encontrados foram semelhantes, corroborando assim os resultados encontrados por Mead e Metraux (1957). Por este motivo, optamos por referenciar principalmente este estudo em nossas discussões.

Em relação ao porquê de os estudantes terem esta visão sobre os cientistas, um deles afirmou que:

Porque sempre foi mostrado assim pra gente; em desenho sempre foi mostrado o cientista assim pra gente [Natanael, modelagem contexto cotidiano, texto completo na p. 84].

Tal ideia é semelhante aos resultados divulgados, por exemplo, em Kominski e Giordan (2002), Tomazi *et al.* (2009), e Mesquita e Soares (2008) ao buscarem caracterizar as imagens de Ciência e de cientistas, bem como a veiculação das mesmas com as mídias de massa, por exemplo, a televisão, mais especificamente os desenhos animados.

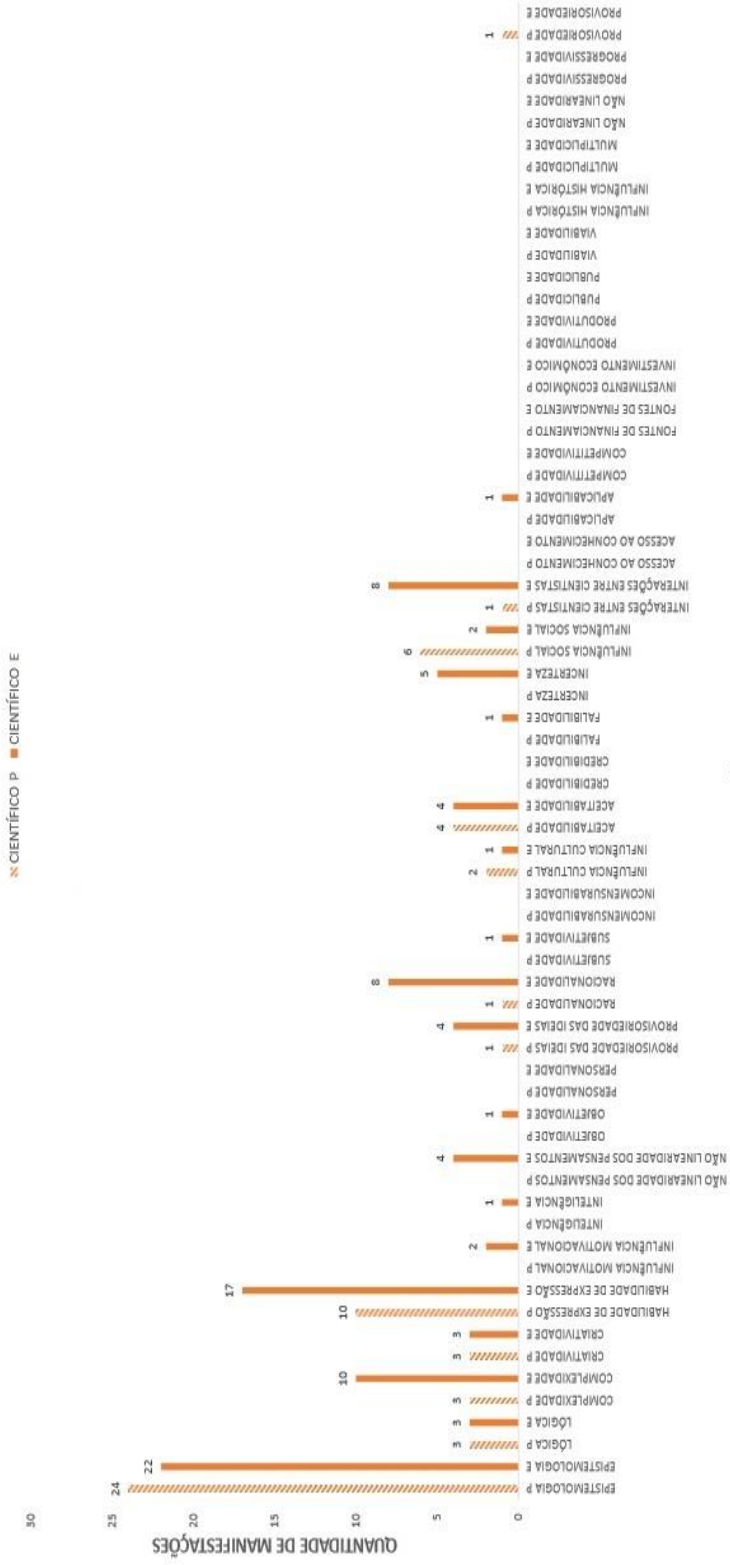
Diante disso, de acordo com as diferentes denominações apresentadas na literatura da área (por exemplo, em GIL-PÉREZ *et al.*, 2001; LEDERMAN, 2006; PRAIA *et al.*, 2007; PUJALTE *et al.*, 2014; RIBEIRO; SILVA, 2018), de maneira geral, podemos caracterizar a visão inicial dos estudantes *sobre* Ciências como deformada, distorcida, estereotipada, inadequada e/ou menos esclarecida, isto é, uma visão limitada *sobre* Ciências. Todavia, antes de os estudantes darem início à segunda unidade didática, tivemos a oportunidade de fazer exatamente a mesma pergunta que fizemos para caracterizar suas visões iniciais, e os resultados encontrados foram:

Vânia: *Que o cientista não necessariamente precisa ter o cabelo daquele jeito [branco e alto – como a Luíza havia respondido].*

Natanael: *É isso, é verdade! Meu conceito de cientista mudou bastante. Eu, agora, o vejo como uma **pessoa normal**, sem ter um jeito meio louco e destrambelhado, sem obsessão por descobrir coisas [modelagem contexto cotidiano, texto completo na p. 91].*

Novamente encontramos um resultado semelhante aos encontrados por Mead e Metraux (1957): a aparência de uma pessoa que se dedica à Ciência estar atrelada ao gênero masculino. Portanto, a imagem que os estudantes tinham sobre cientistas, mesmo após vivenciar a primeira unidade didática, ainda continuava atrelada ao gênero masculino. Entretanto, é possível perceber uma mudança quando Natanael disse que, naquele momento, via a pessoa que se dedica à Ciência como uma “pessoa normal”, ou seja, para ele a aparência de tal pessoa não estava mais atrelada ao fato de ela ser desajeitada e descabelada, assim como ser obsessiva – um aspecto negativo atrelado a uma pessoa que se dedica à Ciência (MEAD; METRAUX, 1957).

Gráfico 6.7 – Quantitativo de manifestações dos estudantes e da professora e das pesquisadoras em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 no contexto científico.



ASPECTOS CONSTITUINTES DAS ÁREAS REPRESENTADAS NO MoCEC v.2

Fonte: Autoria nossa.

No gráfico 6.7, observamos algumas variações com relação à frequência com que os aspectos inerentes à modelagem foram manifestados tanto pela professora e pelas pesquisadoras quanto pelos estudantes no contexto científico. Por exemplo, para os aspectos *habilidades de expressão* (Psicologia da Ciência) e *interações entre cientistas* (Sociologia da Ciência), observamos que houve um aumento significativo de manifestações dos estudantes em comparação com a quantidade manifestada pela professora e pelas pesquisadoras. Tal frequência também é maior do que aquela observada no contexto cotidiano (apresentado no gráfico 6.6). Por outro lado, para o aspecto *aceitabilidade* (Sociologia da Ciência), assim como no contexto cotidiano, observamos a mesma frequência com que tal aspecto foi manifestado tanto pela professora e pelas pesquisadoras, quanto pelos estudantes. Entendemos que isto se deve ao fato de tal aspecto ter sido identificado prioritariamente nos trechos em que ocorreram manifestações da professora juntamente com os estudantes, relacionadas aos modelos consensuais da turma.

Com relação ao aspecto *complexidade* (Psicologia da Ciência), assim como no contexto cotidiano, observamos uma maior frequência de manifestação entre os estudantes. Isto se mostra coerente, visto que eles vivenciaram tal aspecto ao participarem das atividades de modelagem. Todavia, observamos que houve um aumento significativo de manifestações dos estudantes relacionadas a tal aspecto em comparação com a quantidade que eles haviam manifestado no contexto cotidiano. Isto se mostra coerente visto que, apesar de ser a segunda unidade didática baseada no EFM vivenciada por eles, as atividades eram pautadas em alguns conteúdos científicos curriculares mais complexos do que aqueles abordados nas atividades relacionadas ao contexto cotidiano. Entretanto, para o aspecto *criatividade* (Psicologia da Ciência), diferentemente do ocorrido no contexto cotidiano (no qual ocorreu uma maior frequência de manifestação por parte da professora e das pesquisadoras), observamos que houve uma paridade no quantitativo de manifestações dos estudantes em relação às manifestações da professora e das pesquisadoras.

Como destacado nos exemplos apresentados no tópico anterior e na explicação do gráfico 6.6, os aspectos *não linearidade dos pensamentos* e *provisoriedade das ideias* (Psicologia da Ciência) são processuais. Portanto, não era esperado que os mesmos fossem manifestados pela professora e pelas pesquisadoras, uma vez que elas não

vivenciaram o processo de modelagem e sim o conduziram. Todavia, observamos, assim como no contexto cotidiano, que o aspecto *provisoriedade das ideias* foi quantificado uma vez para as mesmas, o que pode ser explicado considerando que o trecho codificado é uma pergunta feita por PQ2 que contemplava a descrição de tal aspecto.

No contexto científico, o aspecto *subjetividade* (Psicologia da Ciência) foi identificado apenas para os estudantes, o que se mostra coerente com a consideração e explicação apresentadas no contexto cotidiano (relacionadas ao fato de que não era esperado que tal aspecto fosse manifestado pela professora e pelas pesquisadoras, uma vez que elas estavam conduzindo o processo de modelagem e, portanto, as mesmas não manifestariam, por exemplo, suas ideias prévias na etapa de *criação* do proto-modelo). Além disso, observamos que houve uma diminuição significativa de manifestações dos estudantes com relação a este aspecto. A nosso ver, isto aconteceu porque, quando os estudantes manifestavam alguma informação que poderia ser identificada como *subjetividade*, tratava-se apenas de uma opinião geral, uma vez que os mesmos não estabeleciam e/ou não manifestavam relações com suas próprias concepções.

Assim como no contexto cotidiano, não era esperado que os aspectos *incerteza* e *falibilidade* (Sociologia da Ciência) fossem manifestados pela professora e pelas pesquisadoras, uma vez que elas não vivenciaram o processo de modelagem. Todavia, no contexto científico, identificamos um aumento de 150% de manifestações por parte dos estudantes com relação ao aspecto *incerteza*. Acreditamos que este aumento possa ser explicado exatamente pela influência do contexto, visto que é comum e esperado os estudantes apresentarem, por exemplo, mais dúvidas no contexto científico do que no cotidiano que, mesmo sendo desconhecido deles, não envolvia conteúdos científicos curriculares e complexos ou relações não tão diretas entre ideias distintas. Por outro lado, o aspecto *falibilidade* é incoerente com a modelagem, uma vez que não existe modelo certo ou errado, e sim modelo abrangente ou limitado (GILBERT; JUSTI, 2016). Porém, novamente, assim como no contexto cotidiano, foi codificado um trecho em que os estudantes entendiam limitação como erro.

Além dos aspectos comuns aos dois contextos, é possível observar que sete novos aspectos foram identificados no contexto científico, sendo eles: *influência motivacional*,

inteligência, objetividade e racionalidade (Psicologia da Ciência); *influência cultural* (Antropologia da Ciência); *influência social* (Sociologia da Ciência); e *aplicabilidade* (Economia da Ciência). Os três primeiros e o último foram identificados apenas para os estudantes e os três restantes tanto para os estudantes quanto para a professora e as pesquisadoras.

Acreditamos que o aspecto *influência motivacional* tenha sido identificado apenas para os estudantes devido ao fato de ele ter sido identificado em momentos relacionados ao “querer” dos mesmos manifestado ao longo das atividades (como, por exemplo, quando eles, ao longo da Atividade 9, mesmo de posse dos “novos” modelos concretos, produzidos a partir do aproveitamento do modelo proposto para a sacola na Atividade 7, os integrantes do grupo quiseram elaborar os modelos que eles haviam pensando antes). Além disto, tal aspecto foi identificado e caracterizado apenas neste contexto.

Com relação ao aspecto *inteligência*, ele foi manifestado quando os estudantes responderam uma das perguntas feitas por PQ2 relacionada à imagem que eles tinham sobre cientistas. Com relação ao aspecto *objetividade*, o mesmo foi manifestado quando, em uma discussão que se estendeu ao longo das atividades que constituíam a segunda unidade didática, os estudantes responderam de maneira direta à professora sobre o que de fato o palito de dente representava. Finalmente, o aspecto *aplicabilidade* foi manifestado quando os estudantes complementaram a resposta dada a uma das perguntas feitas por PQ3, na qual ela buscava entender o porquê de o modelo proposto pelo grupo ser bem complexo. Os estudantes responderam e relacionaram as características que o modelo possuía com a aplicabilidade que o mesmo poderia ter para aquele que o comprasse.

Com relação aos três aspectos que foram identificados tanto para os estudantes, quanto para a professora e para as pesquisadoras, observamos que os aspectos *influência cultural* e *influência social* foram manifestados com maior frequência pela professora e pelas pesquisadoras. Isto pode ser explicado devido ao contexto ter fomentado que as mesmas os inserissem nas discussões de maneira contextualizada, explícita e integrada, como aconteceu, por exemplo, ao longo da Atividade 5.

Para o aspecto *racionalidade* foi observado o contrário, ou seja, ele foi manifestado com maior frequência pelos estudantes. Entendemos que, no contexto científico, os estudantes tiveram que realizar várias previsões com relação ao comportamento dos objetos plásticos investigados (sacola comum de supermercado, carcaça de TV e pneu) e que as mesmas se basearam na utilização de conhecimentos prévios a partir de uma “lógica” estabelecida por eles.

Ao compararmos os gráficos 6.7 e 6.6, constatamos que em ambos foram identificados mais aspectos manifestados pelos estudantes do que pela professora e pelas pesquisadoras. Isto pode ser explicado devido ao fato de esta ter sido a segunda unidade didática baseada no EFM desenvolvida com os estudantes, o que pode ter contribuído para mudanças em relação à imagem que os estudantes tinham sobre cientistas. Tais mudanças podem ser observadas nas respostas fornecidas por eles à mesma pergunta que já havíamos feito duas outras vezes ao logo do desenvolvimento das atividades no contexto cotidiano:

PQ2: *Agora, depois disso tudo, qual imagem vem à cabeça de vocês quando eu falo a palavra cientista? Por exemplo, ao conversarmos sobre tudo isso que acabamos de conversar.*

G1 [um completando a fala do outro]: *Uma pessoa muito inteligente, não uma pessoa fora do normal, mas tem que ser muito, muito, muito inteligente; gosta muito de estudar; tem muita paciência; **aparência física normal**; **pode ter filhos ou não**, vai depender se ele quiser... [modelagem contexto científico, texto completo na p. 118].*

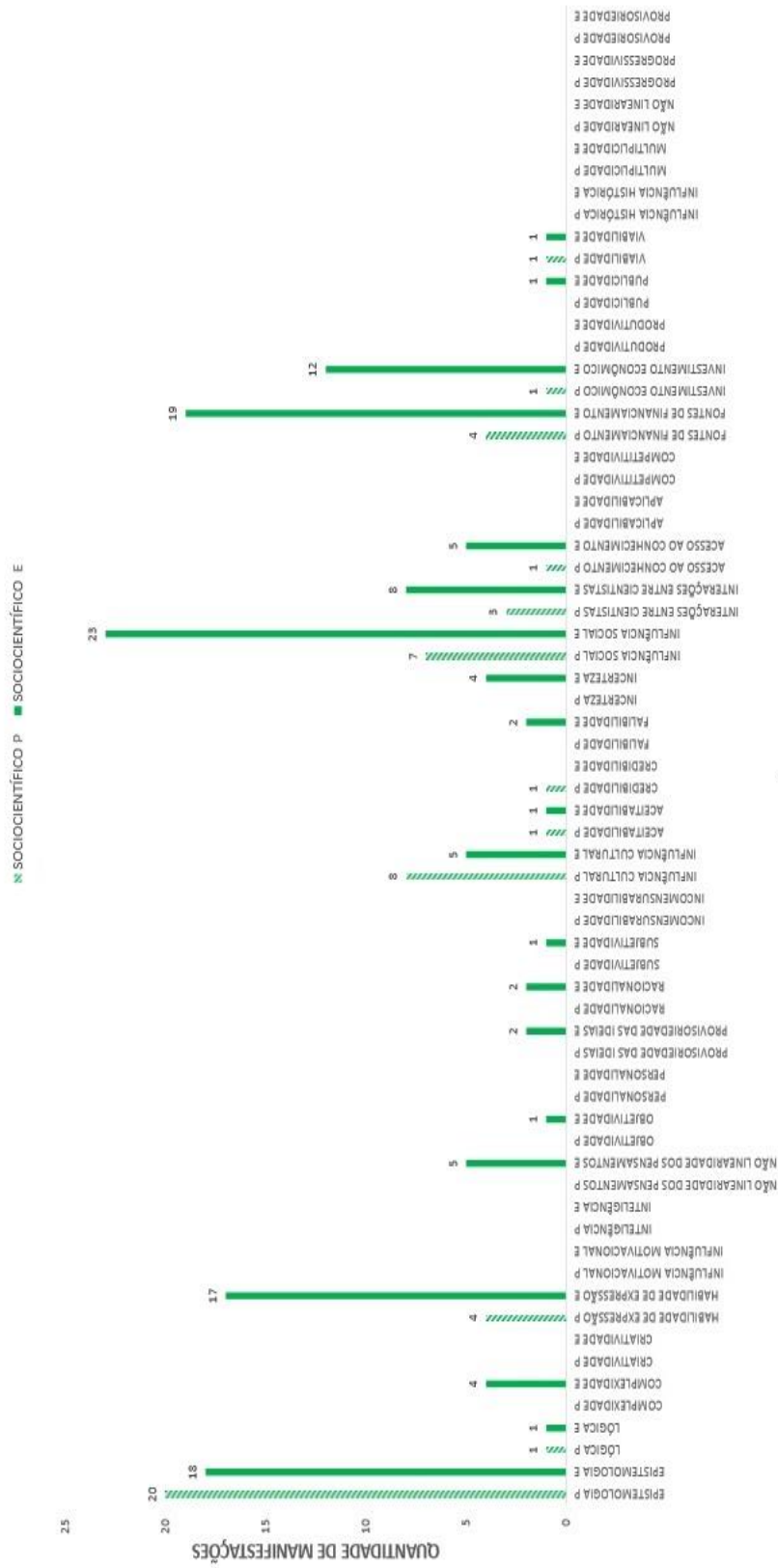
Para os estudantes, os cientistas podem ou não ter filhos e isto está atrelado às suas escolhas, diferentemente dos resultados encontrados por Mead e Metraux (1957). Tais autoras encontraram que os estudantes pensam que cientistas não possuem família e nem vida social – aspectos considerados negativos por eles. Acreditamos que esta mudança possa ter sido influenciada por Natanael, que, anteriormente, já havia manifestado que cientistas são pessoas normais. Todavia, apesar de algumas mudanças na caracterização da visão inicial dos estudantes *sobre* Ciências, ainda, encontramos resultados semelhantes aos encontrados por Mead e Metraux (1957) como, por exemplo, o fato de a pessoa que se dedica à Ciência ser muito inteligente e estudiosa e de estas serem consideradas características positivas. Além disso, constatamos que, mesmo após vivenciar as duas unidades didáticas, os estudantes atrelavam a imagem de cientistas a pessoas do gênero masculino. Por outro lado, mesmo que não manifestado de maneira explícita, inferimos que os estudantes passaram a atrelar tal imagem também

ao gênero feminino quando as estudantes mulheres (quatro dos cinco componentes do grupo) afirmaram que, se um dia elas quisessem ser cientistas, seriam capazes disto.

Diante disso, de maneira geral, podemos dizer que a visão dos estudantes *sobre* Ciências após vivenciarem as atividades de modelagem que constituíam as unidades didáticas envolvendo os contextos cotidiano e científico não era a mesma que foi caracterizada inicialmente. Ao final da segunda unidade didática, tal visão pôde ser caracterizada como menos limitada do que em momentos anteriores (início do processo e final da primeira unidade didática).

No gráfico 6.8, novamente, observamos variações com relação à frequência com que os aspectos inerentes à modelagem foram manifestados pelos estudantes e pela professora e pelas pesquisadoras. Por exemplo, para os aspectos *habilidades de expressão* (Psicologia da Ciência) e *interações entre cientistas* (Sociologia da Ciência), observamos que houve um aumento significativo de manifestações dos estudantes em comparação com a quantidade manifestada pela professora e pelas pesquisadoras. Novamente, tal aumento também foi identificado em relação à frequência com que os próprios estudantes haviam manifestado este aspecto no contexto cotidiano (apresentada no gráfico 6.6). Além disto, comparando os dados relacionados ao contexto sociocientífico (apresentados no gráfico 6.8) com os dados relacionados ao contexto científico (apresentados no gráfico 6.7), observamos uma diferença maior em relação à quantidade de manifestações deste aspecto realizadas pelos estudantes em comparação com as realizadas pela professora e pelas pesquisadoras (era de 7 no contexto científico e passou a ser de 13 no contexto sociocientífico). O contrário foi observado para o aspecto *interações entre cientistas*, ou seja, foi observado uma diferença menor em relação a quantidade de manifestações realizadas pelos estudantes em comparação com as realizadas pela professora e pelas pesquisadoras (era de 7 no contexto científico e passou a ser de 5 no sociocientífico). Entendemos que isto se deve ao fato de os estudantes terem discordado menos ao longo do desenvolvimento das atividades que constituíam a unidade didática baseada no EFM no contexto sociocientífico.

Gráfico 6.8 – Quantitativo de manifestações dos estudantes e da professora e das pesquisadoras em relação a aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2 no contexto sociocientífico.



ASPECTOS CONSTITUINTES DAS ÁREAS REPRESENTADAS NO MoCEC v.2

Fonte: Autoria nossa.

Para o aspecto *epistemologia* (Filosofia da Ciência), também observamos, assim como no contexto científico, que houve um aumento de manifestações dos estudantes, porém apenas em relação à quantidade que os próprios estudantes haviam manifestado no contexto cotidiano. Isto porque, tanto neste contexto como no científico, houve diferença de duas manifestações a mais para a professora e para as pesquisadoras se comparado ao contexto cotidiano. Entretanto, ao compararmos o contexto sociocientífico com o científico, observamos que houve uma diminuição de manifestações tanto dos estudantes, quanto da professora e das pesquisadoras. Entendemos que isto pode ser explicado devido a, por exemplo, a PQ2 ter realizado menos perguntas sobre o processo vivenciado pelos estudantes neste contexto, em suas intervenções.

Para o aspecto *aceitabilidade* (Sociologia da Ciência), assim como nos contextos cotidiano e científico, observamos a mesma frequência de manifestação pelos estudantes e pela professora e pelas pesquisadoras. Entendemos que isto se deve ao fato de tal aspecto ter sido identificado prioritariamente nos trechos em que ocorreram manifestações da professora juntamente com os estudantes e relacionadas aos modelos consensuais da turma. Além disto, observamos que houve uma diminuição da identificação de tal aspecto neste contexto em comparação com os demais. Acreditamos que isto se deve ao fato de, neste contexto, os estudantes terem elaborado apenas um modelo, enquanto no contexto científico, por exemplo, eles tiveram que elaborar no mínimo três modelos (para explicar os comportamentos observados para sacola comum de supermercado, carcaça de TV e pneu). Por outro lado, para o aspecto *lógica* (Filosofia da Ciência), diferentemente do ocorrido no contexto cotidiano, observamos que, assim como no contexto científico, apesar de as manifestações dos estudantes terem diminuído em quantidade, houve uma paridade no quantitativo de manifestações dos estudantes em relação às manifestações da professora e das pesquisadoras. Isto pode ser explicado considerando que os estudantes manifestaram seus raciocínios relacionados às atividades de maneira clara e, portanto, dispensando as perguntas feitas pela PQ3.

Com relação ao aspecto *complexidade* (Psicologia da Ciência), observamos que, no contexto sociocientífico, houve uma diminuição significativa de manifestações tanto dos estudantes, quanto da professora e das pesquisadoras. Aliás, para a professora e para as pesquisadoras, não foi identificada nenhuma manifestação relacionada a este

aspecto no contexto sociocientífico. Para os estudantes, em relação ao contexto cotidiano a diminuição foi de 50%, enquanto em relação ao contexto científico, tal diminuição foi de 60%. Tais resultados podem ser explicados considerando que os estudantes estavam vivenciando a terceira unidade didática baseada no EFM e, portanto, não manifestaram a mesma dificuldade se comparada às manifestadas nas outras duas unidades didáticas. Como discutido por Maia (2009), à medida em que os estudantes vão vivenciando o EFM, eles vão empregando e/ou desenvolvendo habilidades requeridas para a participação no processo de modelagem, além de desenvolverem o meta-conhecimento sobre o mesmo – o que impacta suas visões sobre o conhecimento científico. Além disso, esta terceira unidade didática estava vinculada à segunda, uma vez que era necessário que os estudantes recorressem aos conhecimentos construídos ao longo daquela para que pudessem elaborar modelos sociocientíficos coerentes. Por isso, acreditamos que os estudantes não manifestaram tais dificuldades com a mesma frequência.

Ao compararmos o gráfico 6.8 com os gráficos 6.6 e 6.7, observamos que o aspecto *criatividade* (Psicologia da Ciência) não foi identificado no contexto sociocientífico, como havia acontecido nos contextos anteriores. Isto pode ser explicado considerando que os modelos elaborados pelos estudantes se basearam na reciclagem mecânica, um processo que, segundo os próprios estudantes, era, de alguma forma conhecido deles. Isto foi diferente dos modelos elaborados nos contextos cotidiano e científico que, apesar de terem como foco objetos concretos (máquina de vender latas de refrigerantes, sacola comum de supermercado, carcaça de TV e pneu), foram mais desafiadores na medida em que eles não tinham nenhuma ideia prévia relacionada aos objetivos de cada um desses modelos. Isto também pode explicar que outros aspectos da Psicologia da Ciência (*influência motivacional e inteligência*), que haviam sido identificados no contexto científico, também não foram manifestados pelos estudantes no sociocientífico.

Ainda na área de Psicologia da Ciência, os aspectos *não linearidade dos pensamentos e provisoriedade das ideias* não foram manifestados no contexto sociocientífico por parte da professora e das pesquisadoras. Isto nos parece coerente, visto que elas estavam atuando como mediadoras do EFM e não vivenciando o processo. Com relação à manifestação por parte dos estudantes, ao compararmos o

gráfico 6.8 com os gráficos 6.6 e 6.7, observamos que o aspecto *não linearidade dos pensamentos* foi manifestado com frequência crescente na ordem dos contextos envolvidos nas atividades vivenciadas. Para o aspecto *provisoriamente das ideias*, diferentemente do aspecto *não linearidade dos pensamentos*, observamos que houve uma diminuição de 50% em sua frequência em relação aos contextos anteriores. Novamente, entendemos que isto pode ser explicado considerando a maior familiaridade dos estudantes com o tema reciclagem, resultando em eles mudarem menos de ideia ao longo dos processos de produção e uso do conhecimento científico neste contexto.

O aspecto *objetividade* (Psicologia da Ciência) também, assim como no contexto científico, foi manifestado, neste contexto, quando os estudantes responderam e agiram de maneira direta em uma discussão sobre qual dos objetos plásticos poderia ser reciclado. Com relação ao aspecto *racionalidade* (Psicologia da Ciência), comparando sua frequência neste contexto com a frequência no contexto científico, observamos que houve uma diminuição significativa de manifestações tanto dos estudantes, quanto da professora e das pesquisadoras. Para professora e pesquisadoras não foi identificada nenhuma manifestação relacionada a este aspecto, enquanto para os estudantes a diminuição foi de 75%. Tal diminuição pode ser explicada pelo fato de não ter sido necessário que eles realizassem previsões ao desenvolverem as atividades constituintes da terceira unidade didática, visto que eles se basearam nas realizadas no contexto científico. Isto é coerente, uma vez que o domínio e a utilização de conteúdos científicos curriculares são fundamentais para a proposição de possíveis soluções para questões sociocientíficas (ZEIDLER *et al.*, 2005) – no nosso caso, o problema de acúmulo de plásticos.

Em relação ao último aspecto de Psicologia da Ciência (*subjetividade*), assim como havia ocorrido comparando as manifestações nos contextos científico e cotidiano, comparando-as nos contextos sociocientífico e científico identificamos que elas diminuíram significativamente. A nosso ver, isto aconteceu porque, quando os estudantes manifestavam alguma informação que poderia ser identificada como *subjetividade*, tratava-se apenas de uma opinião geral – e sobre um tema não muito desconhecido – uma vez que os mesmos não estabeleciam e/ou não manifestavam relações com suas próprias concepções. Além disto, novamente, assim como no

contexto científico, não foi identificada nenhuma manifestação relacionada a este aspecto para professora e para as pesquisadoras em função de elas estarem apenas conduzindo o processo de ensino, ao invés de vivenciando as atividades de modelagem.

Para os aspectos *incerteza e falibilidade* (Sociologia da Ciência), novamente, assim como nos contextos anteriores, não era esperado que os mesmos fossem manifestados pela professora e pelas pesquisadoras, uma vez que elas não vivenciaram o processo de modelagem e sim o conduziram. Portanto, as mesmas não manifestariam, por exemplo, alguma dúvida em relação à elaboração e expressão de modelos. Todavia, em relação aos estudantes, é possível perceber um aumento de 100% de manifestações do aspecto *incerteza* quando comparamos os contextos sociocientífico e cotidiano. Acreditamos que este aumento possa ser explicado pela influência do contexto científico no sociocientífico, visto que os estudantes tinham que recorrer aos conteúdos científicos curriculares trabalhados no contexto científico para propor possíveis soluções para o problema de acúmulo de plásticos. Por outro lado, apesar de, como destacado anteriormente, o aspecto *falibilidade* ser incoerente com a modelagem, assim como nos contextos anteriores, foram codificados dois trechos em que os estudantes entendiam limitação como defeito e/ou erro.

Com relação ao aspecto *influência cultural* (Antropologia da Ciência), assim como no contexto científico, foi observado que o mesmo foi expresso com maior frequência pela professora e pelas pesquisadoras. Todavia, observamos também que houve um aumento significativo na quantidade de manifestações dos estudantes. Por outro lado, o aspecto *influência social* (Sociologia da Ciência), diferentemente do contexto científico, foi manifestado com maior frequência pelos estudantes. Em ambos os casos, consideramos que, além do contexto, os resultados podem ter sido influenciados pela inserção e discussão de tais aspectos, por parte da professora e das pesquisadoras, de maneira contextualizada, explícita e integrada, como aconteceu, por exemplo, ao longo das atividades constituintes da última unidade didática.

O aspecto *credibilidade* (Sociologia da Ciência) foi expresso apenas pela professora e pelas pesquisadoras, e apenas neste contexto. Isto aconteceu durante uma intervenção de PQ3, quando ela deu credibilidade às informações contidas no texto da Parte A da Atividade 10.

Ao compararmos o gráfico 6.8 com os gráficos 6.6 e 6.7, observamos também que, além de o contexto sociocientífico ter fomentado a manifestação de uma maior variedade de aspectos, é notório que o mesmo fomentou a inserção e discussão de uma maior variedade de aspectos constituintes da área Economia da Ciência. Neste contexto, novos aspectos desta área foram identificados, tais como: *acesso ao conhecimento*, *fontes de financiamento*, *investimento econômico*, *publicidade* e *viabilidade*. Contudo, o aspecto *aplicabilidade*, que havia sido manifestado no contexto científico, não o foi neste contexto. Diante disso, acreditamos que desenvolver atividades relacionadas ao contexto sociocientífico pode ser uma alternativa para se inserir e discutir aspectos constituintes da área Economia da Ciência, contribuindo para que a mesma deixe de ser negligenciada no ensino de e *sobre* Ciências (como apontado em ERDURAN; MUGALOGLU, 2013) e para uma alfabetização científica mais ampla (SASSERON; CARVALHO, 2011). Isto porque, segundo Erduran e Mugaloglu (2013), os aspectos constituintes da área Economia da Ciência se relacionam intimamente a questões sociocientíficas com as quais os estudantes podem se deparar em seu dia a dia (ZEIDLER *et al.*, 2005).

Ainda com relação aos aspectos constituintes da área Economia da Ciência, constatamos que os mesmos foram manifestados com maior frequência pelos estudantes do que pela professora e pelas pesquisadoras, com exceção do aspecto *viabilidade* que foi manifestado igualmente pelos dois grupos. O aspecto *fontes de financiamento* teve uma manifestação significativa por parte dos estudantes, uma vez que os mesmos mencionaram várias vezes que, por exemplo, empresas, indústrias, pessoas, ONG e supermercados, representavam tais fontes.

Como evidenciado pela comparação do gráfico 6.8 com os gráficos 6.6 e 6.7, além de fomentar a manifestação de uma maior variedade de aspectos, o contexto sociocientífico também fomentou uma frequência maior dessas manifestações por parte dos estudantes em relação à manifestação nos contextos cotidiano e científico. Isto pode ser explicado considerando que as atividades de modelagem sociocientífica constituíam a terceira unidade didática baseada no EFM desenvolvida com os estudantes; e que a participação nas mesmas foi acompanhada de mudanças significativas na imagem que os estudantes tinham sobre cientistas e sobre os processos de construção do conhecimento científico. Tal mudança pode ser observada nos resultados encontrados

quando, ao final da discussão da Atividade 12, a professora perguntou aos estudantes: *Vocês acham que sua visão sobre como a Ciência é e se desenvolve mudou? Como? Por quê? Como vocês pensavam antes e como vocês pensam agora?*. Um dos estudantes respondeu que eles pensavam que:

... os cientistas trabalhavam isolados dentro de laboratórios e que, ao vivenciar aquele processo, eles haviam percebido que **os cientistas precisavam discutir com outras pessoas, comunicar e registrar aquilo que faziam para que outras pessoas soubessem, ou seja, tivessem acesso a tal conhecimento** [Luíza, modelagem contexto sociocientífico, texto completo na p. 160].

A resposta de Luíza vai de encontro aos resultados de Mead e Metraux (1957), uma vez que tais autoras encontraram que, com relação à imagem sobre cientistas e o trabalho desenvolvido pelos mesmos, os estudantes pensavam que eles trabalhavam “fechados” em seu laboratório, isto é, “isolados” do mundo exterior, e que os mesmos não compartilhavam seus conhecimentos que, portanto, seriam secretos. Além disto, os estudantes consideravam tais aspectos como negativos.

A mudança de visão dos estudantes *sobre* Ciências pode ser observada, ainda, nos resultados encontrados na intervenção realizada por PQ2 após a finalização da discussão da Atividade 12:

PQ2: *Eu vi, durante a discussão da Atividade 12, que vocês já ressaltaram muita coisa que mudou na visão de vocês sobre Ciências. O que mais mudou na visão de vocês?*

Luíza: *A gente evoluiu muito o nosso pensamento, a gente vê eles [cientistas] como uma pessoa comum, que eles procuram tipo... que não é fácil, não é só... só escrever, igual a gente faz o modelo, mas eles montam, vê qual o defeito, pra depois voltar no modelo.*

Vânia: *É necessário modificação...*

Luíza: *...Vê o que aconteceu com o modelo, pra [sic] ter modificação, vê que eles [cientistas] errou [sic], igual a Ana [integrante do G5] falou, a Ciência não é... não é exata, é um processo longo pra chegar no “exato” [modelagem contexto sociocientífico, texto completo nas p. 161-162].*

Nestes e em diversos outros trechos apresentados no estudo de caso, as falas dos estudantes evidenciam que suas visões *sobre* Ciências mudaram ao longo do processo em comparação com suas visões iniciais. Entendemos que isto está relacionado ao processo vivenciado pelos estudantes, isto é, com a participação deles em atividades de modelagem nos contextos cotidiano, científico e sociocientífico. Isto porque à medida

que eles participavam dessas atividades, eles tinham a oportunidade de vivenciar diversas práticas científicas como, por exemplo, as relacionadas à investigação, experimentação, validação de resultados e argumentação, que o EFM engloba.

Além disso, é possível observar em que extensão aconteceu a ampliação das visões dos estudantes ao observarmos a sobreposição de aspectos de diversas áreas manifestados por eles em um mesmo trecho ou em um conjunto de trechos codificados equivalente às informações contidas em uma página⁵⁴ de documento *Word* codificada no *software* NVivo. Tal sobreposição é representada pelas listras de codificação (identificadas por cores distintas ou não⁵⁵) e, pela densidade de codificação (identificada por uma escala de cor que varia de cinza claro a preto à medida em que ocorre a sobreposição de mais aspectos), ambas geradas pelo *software* NVivo. Como mencionado no quarto capítulo, tais listras representam uma espécie de *continuum* dos nossos dados e, por este motivo, o critério de escolha das que são aqui apresentadas (figuras 6.1, 6.2 e 6.3) foi a representatividade da página codificada no NVivo em relação à quantidade de sobreposições.

Figura 6.1 – Listras de codificação e densidade de codificação dos aspectos manifestados pelos estudantes no contexto cotidiano.



⁵⁴ O conteúdo de tal página pode não coincidir com o conteúdo de uma página do estudo de caso apresentado no quinto capítulo. Isto porque, pode acontecer de a página em *Word* codificada no *software* NVivo conter informações em metade de duas páginas do estudo de caso ou vice-versa.

⁵⁵ Isto porque o *software* NVivo gera as listras com cores aleatórias e pode acontecer de ter listras que representam aspectos diferentes com a mesma cor, como aconteceu, por exemplo, para os aspectos *subjetividade* (Psicologia da Ciência) e *epistemologia* (Filosofia da Ciência) (figura 6.1).

Fonte: Autoria nossa, via *software* NVivo.

Na figura 6.1, observamos uma sobreposição envolvendo quatro aspectos: *aceitabilidade* (Sociologia da Ciência); *subjetividade* e *habilidade de expressão* (Psicologia da Ciência); e *epistemologia* (Filosofia da Ciência), assim como a densidade de tal sobreposição.

Esta sobreposição de aspectos e de áreas ocorreu no seguinte trecho:

Em seguida, a professora concluiu, juntamente com eles, que apesar de alguns modelos possuírem mais detalhes do que outros, todos explicavam o funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante. Portanto, para explicar um mesmo fenômeno, podemos ter mais de um modelo. Ela também ressaltou que, no início, os estudantes se preocuparam muito com a parte externa da máquina, e que só depois de ela enfatizar que o que deveria ser focado no modelo era o funcionamento da máquina, eles se preocuparam com a parte interna da mesma. Para tanto, foi necessário que os estudantes partissem daquilo que eles já tinham visto e/ou vivenciado, ou seja, de algumas experiências como, por exemplo, as de apertar botão, colocar nota e acompanhar a saída de lata de refrigerante gelado. Para finalizar, ela falou que todos os modelos propostos haviam atendido, inicialmente, o objetivo [modelagem contexto cotidiano, texto completo nas p. 80-81].

Este trecho foi codificado por inteiro, tanto para os estudantes quanto para professora e para pesquisadoras, nos aspectos: *aceitabilidade* (porque as informações contidas no trecho estão relacionadas aos modelos que foram propostos e aceitos pela turma); *habilidade de expressão* (pois o trecho também contém informações sobre os modelos e seus modos de representação); e *epistemologia* (porque trata-se de uma discussão final com a turma).

Parte deste trecho foi codificado no aspecto *subjetividade* tanto para os estudantes quanto para professora e para pesquisadoras. Isto porque as informações contidas no trecho:

Para tanto, foi necessário que os estudantes partissem daquilo que eles já tinham visto e/ou vivenciado, ou seja, de algumas experiências como, por exemplo, as de apertar botão, colocar nota e acompanhar a saída de lata de refrigerante gelado.

Estão relacionadas à subetapa de obtenção de informações através de fonte interna, como as ideias prévias dos estudantes manifestadas na etapa de *criação* do prototipo (GILBERT; JUSTI, 2016).

Na figura 6.2, observamos duas sobreposições envolvendo aspectos de três áreas: Sociologia, Psicologia e Filosofia da Ciência, assim como a densidade de tais sobreposições.

A primeira sobreposição ocorre entre os aspectos *subjetividade* e *epistemologia*, constituintes das áreas de Psicologia e Filosofia da Ciência, respectivamente. Tal sobreposição ocorre no seguinte diálogo:

PQ2: *Vocês acham que nesse momento, durante esse processo, vocês estão atuando como cientistas ou não?*

G1: *Sim.*

Daniela: *Eu acho que sim, porque mesmo que a gente não use os mesmos meios, nós estamos fazendo com a mesma finalidade que eles, para obter informações* [modelagem contexto científico, texto completo na p. 118].

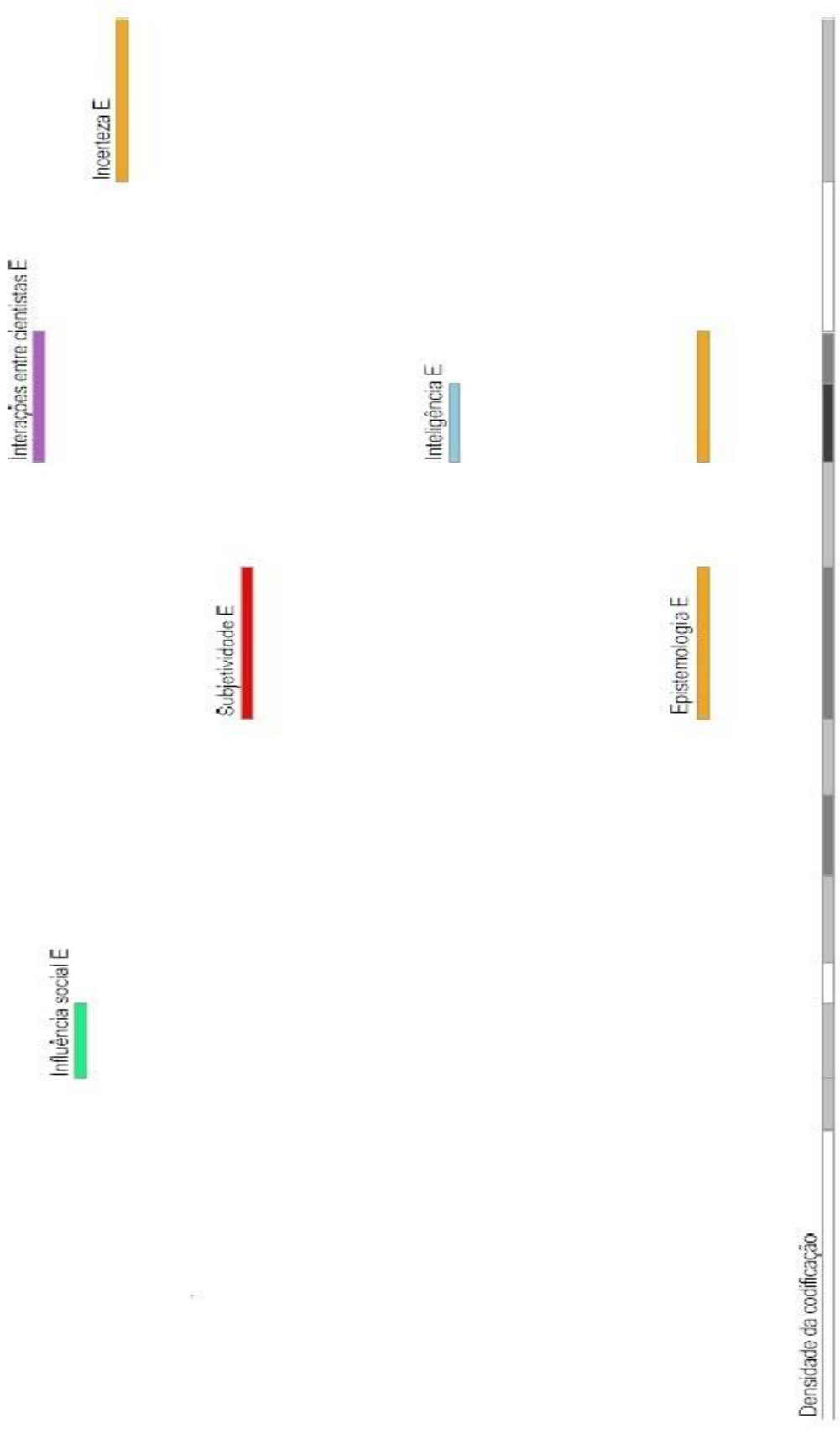
Este trecho foi codificado por inteiro no aspecto *epistemologia*, constituinte da área Filosofia da Ciência, visto que a pergunta feita por PQ2 está relacionada ao processo vivenciado pelos estudantes ao longo das atividades. Com relação ao aspecto *subjetividade*, constituinte da área Psicologia da Ciência, apenas a resposta de Daniela foi codificada porque a resposta geral de G1 se trata apenas de uma expressão de opinião, sem o estabelecimento de nenhuma relação com as concepções dos próprios estudantes.

A segunda sobreposição ocorre entre os aspectos *interações entre cientistas*, *inteligência* e *epistemologia*, constituintes das áreas de Sociologia, Psicologia e Filosofia da Ciência, respectivamente. Ela foi identificada no seguinte diálogo:

PQ2: *Agora, depois disso tudo, qual imagem vem à cabeça de vocês quando eu falo a palavra cientista? Por exemplo, ao conversarmos sobre tudo isso que acabamos de conversar.*

G1 [um completando a fala do outro]: *Uma pessoa muito inteligente, não uma pessoa fora do normal, mas tem que ser muito, muito, muito inteligente; gosta muito de estudar; tem muita paciência; aparência física normal; pode ter filhos ou não, vai depender se ele quiser* [modelagem contexto científico, texto completo na p. 118].

Figura 6.2 – Listras de codificação e densidade de codificação dos aspectos manifestados pelos estudantes no contexto científico.



Fonte: Autoria nossa, via *software* NVivo.

Este trecho foi codificado por inteiro nos aspectos *epistemologia* e *interação entre cientistas*, constituintes das áreas Filosofia e Sociologia da Ciência, respectivamente, visto que a pergunta feita por PQ2 está relacionada ao processo vivenciado pelos estudantes ao longo das atividades e, ao responderem, os estudantes foram interagindo uns com os outros, no sentido de ir completando as falas dos colegas. Com relação ao aspecto *inteligência*, constituinte da área Psicologia da Ciência, apenas a primeira parte do trecho foi codificada porque nem todas as informações contidas no mesmo estavam relacionadas à descrição deste aspecto.

Na figura 6.3, observamos oito sobreposições envolvendo aspectos de quatro áreas: Sociologia, Psicologia, Filosofia e Economia da Ciência, assim como a densidade de tais sobreposições.

A primeira e a quarta sobreposição ocorrem entre os aspectos *epistemologia* e *investimento econômico*, constituintes das áreas Filosofia e Economia da Ciência, respectivamente. Tais sobreposições ocorrem no seguinte diálogo:

PQ2: *Pensando nas três modelagens que vocês vivenciaram, quais semelhanças vocês conseguem apontar? E quais diferenças? Vocês já haviam me respondido pensando na modelagem cotidiana e na científica. Agora quero que vocês pensem também na modelagem sociocientífica.*

Com relação às semelhanças, os integrantes do grupo responderam:

Vânia: *A da reciclagem precisa de investimento.*

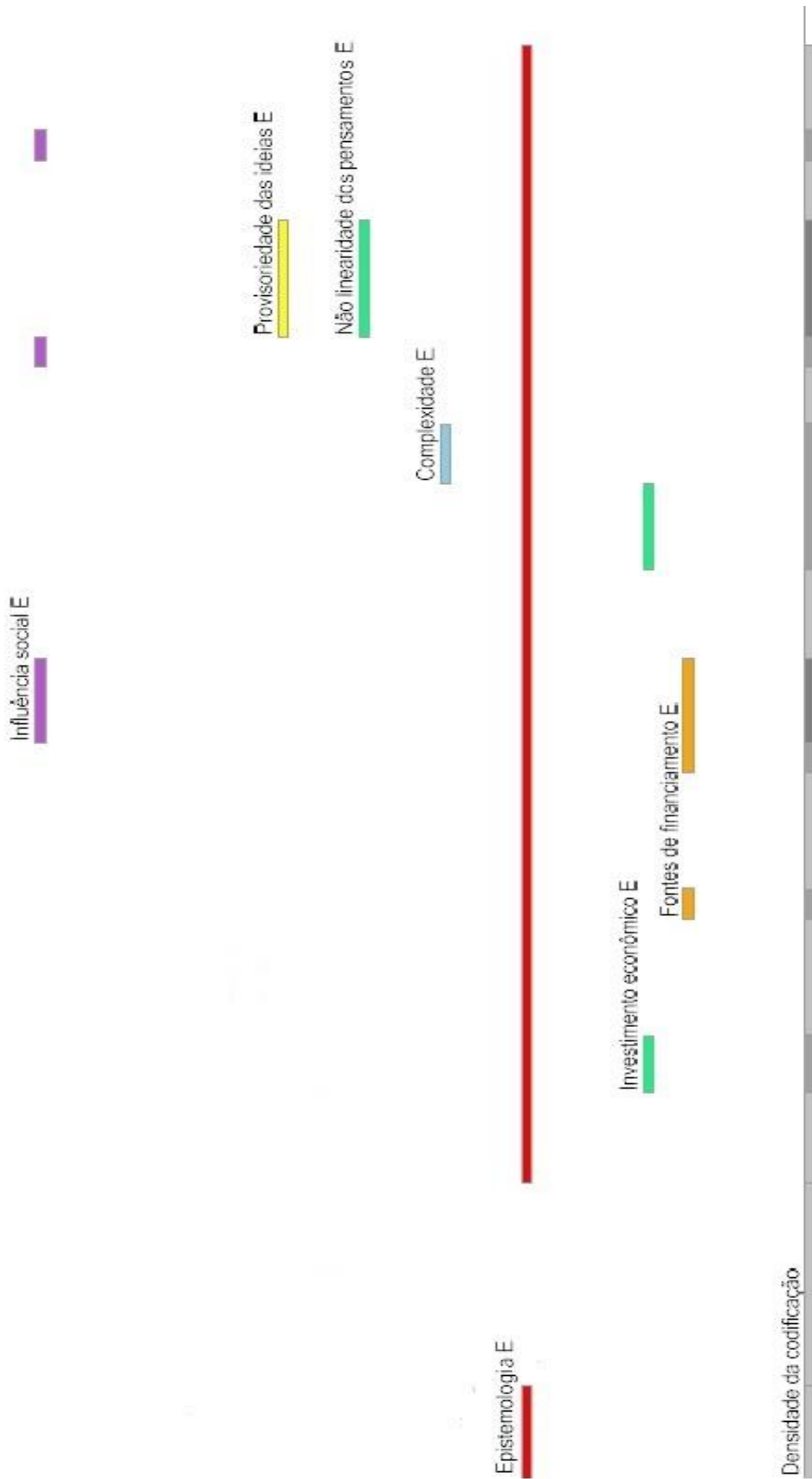
- .
- .
- .

Com relação às diferenças, os integrantes do grupo responderam:

Daniela e Vânia: *Na reciclagem você precisa de mais investimento se comparado à máquina de refrigerante [modelagem contexto sociocientífico, texto completo nas p. 163-164].*

Este trecho foi codificado por inteiro no aspecto *epistemologia*, visto que a pergunta feita por PQ2 está relacionada ao processo vivenciado pelos estudantes ao longo das atividades. Com relação ao aspecto *investimento econômico*, apenas as respostas dos estudantes foram codificadas (relacionadas ao investimento econômico necessário para realizar o processo de reciclagem da sacola comum de supermercado), visto que a pergunta feita por PQ2 não estava relacionada diretamente à descrição deste aspecto.

Figura 6.3 – Listras de codificação e densidade de codificação dos aspectos manifestados pelos estudantes no contexto sociocientífico.



Fonte: Autoria nossa, via *software NVivo*.

A segunda sobreposição ocorre entre os aspectos *epistemologia* e *fontes de financiamento*, constituintes das áreas Filosofia e Economia da Ciência, respectivamente.

Tal sobreposição também ocorre no mesmo diálogo:

PQ2: *Pensando nas três modelagens que vocês vivenciaram, quais semelhanças vocês conseguem apontar? E quais diferenças? Vocês já haviam me respondido pensando na modelagem cotidiana e na científica. Agora quero que vocês pensem também na modelagem sociocientífica.*

Com relação às semelhanças, os integrantes do grupo responderam:

- .
- .
- .

Vânia: *E que precisa ser um processo seletivo. Na máquina de refrigerante você seleciona o sabor do refrigerante e na indústria, quando chega as sacolas, elas precisam ser selecionadas para os setores [modelagem contexto sociocientífico, texto completo na p. 163].*

Este trecho novamente foi codificado por inteiro no aspecto *epistemologia*, visto que a pergunta feita por PQ2 está relacionada ao processo vivenciado pelos estudantes ao longo das atividades. Com relação ao aspecto *fontes de financiamento*, apenas a parte sublinhada da resposta de Vânia foi codificada (que se refere à indústria que realizaria o processo de reciclagem da sacola comum de supermercado), visto que tanto a pergunta feita por PQ2, quanto as demais informações contidas na resposta de Vânia não estavam relacionadas diretamente à descrição deste aspecto.

A terceira sobreposição ocorre entre os aspectos *influência social*, *epistemologia* e *fontes de financiamento*, constituintes das áreas Sociologia, Filosofia e Economia da Ciência, respectivamente. Tal sobreposição também ocorre no mesmo diálogo:

PQ2: *Pensando nas três modelagens que vocês vivenciaram, quais semelhanças vocês conseguem apontar? E quais diferenças? Vocês já haviam me respondido pensando na modelagem cotidiana e na científica. Agora quero que vocês pensem também na modelagem sociocientífica.*

Com relação às semelhanças, os integrantes do grupo responderam:

- .
- .
- .

Luíza: *Em ambas a gente pensou no processo de como funciona, tipo a máquina como que ela funciona para chegar o refri [sic]; a sacola, como que ela é flexível; a carcaça, como que ela é resistente; e a empresa, como que ela poderia recolher o lixo [sacola usada] [modelagem contexto sociocientífico, texto completo nas p. 163-164].*

Como já mencionado, este trecho foi codificado por inteiro no aspecto *epistemologia*, visto que a pergunta feita por PQ2 está relacionada ao processo vivenciado pelos estudantes ao longo das atividades. Com relação ao aspecto *fontes de financiamento*, apenas a parte sublinhada da resposta de Luíza foi codificada (que se refere à empresa que realizaria o processo de reciclagem da sacola comum de supermercado), visto que tanto a pergunta feita por PQ2, quanto as demais informações contidas na resposta de Luíza não estavam relacionadas diretamente à descrição deste aspecto. Com relação ao aspecto *influência social*, apenas a parte sublinhada da resposta de Luíza foi codificada (que se refere a responsabilidade de tal empresa com relação ao recolhimento das sacolas), visto que, mais uma vez, tanto a pergunta feita por PQ2, quanto as demais informações contidas na resposta de Luíza não estavam relacionadas diretamente à descrição deste aspecto.

A quinta sobreposição ocorre entre os aspectos *complexidade* e *epistemologia*, constituintes das áreas Psicologia e Filosofia da Ciência, respectivamente. Mais uma vez, tal sobreposição ocorre no mesmo diálogo:

PQ2: *Pensando nas três modelagens que vocês vivenciaram, quais semelhanças vocês conseguem apontar? E quais diferenças? Vocês já haviam me respondido pensando na modelagem cotidiana e na científica. Agora quero que vocês pensem também na modelagem sociocientífica.*

Com relação às diferenças, os integrantes do grupo responderam:

-
-
-

Daniela: *O processo de reciclagem é mais complexo se comparado ao da máquina de refrigerante...* [modelagem contexto sociocientífico, texto completo nas p. 163-164].

Este trecho foi codificado por inteiro no aspecto *epistemologia*, visto que a pergunta feita por PQ2 está relacionada ao processo vivenciado pelos estudantes ao longo das atividades. Com relação ao aspecto *complexidade*, apenas a resposta de Daniela foi codificada (relacionada à sua dificuldade de comparar as modelagens), visto que a pergunta feita por PQ2 não estava relacionada diretamente à descrição deste aspecto.

A sexta e a oitava sobreposições ocorrem entre os aspectos *influência social* e *epistemologia*, constituintes das áreas Sociologia e Filosofia da Ciência, respectivamente. Tais sobreposições ocorrem no seguinte diálogo:

PQ2: *Pensando nas três modelagens que vocês vivenciaram, quais semelhanças vocês conseguem apontar? E quais diferenças? Vocês já haviam me respondido pensando na modelagem cotidiana e na científica. Agora quero que vocês pensem também na modelagem sociocientífica.*

Com relação às diferenças, os integrantes do grupo responderam:

- .
- .
- .

Vânia: Na reciclagem produz mais resíduos também...

- .
- .
- .

Daniela: ... ia precisar recolher a sacola... [modelagem contexto sociocientífico, texto completo nas p. 163-164].

Este trecho novamente foi codificado por inteiro no aspecto *epistemologia*, visto que a pergunta feita por PQ2 está relacionada ao processo vivenciado pelos estudantes ao longo das atividades. Com relação ao aspecto *influência social*, apenas parte das respostas de Daniela e Vânia ao longo do diálogo foram codificadas (relacionadas aos possíveis impactos, negativos ou positivos, ocasionados pelos indivíduos em sociedade), visto que tanto a pergunta feita por PQ2, quanto as demais informações contidas nas respostas das estudantes não estavam relacionadas diretamente à descrição deste aspecto.

Por fim, a sétima sobreposição ocorre entre os aspectos *provisoriedade das ideias* e *não linearidade dos pensamentos* (Psicologia da Ciência) e *epistemologia* (Filosofia da Ciência). Ela também ocorre no mesmo diálogo:

PQ2: *Pensando nas três modelagens que vocês vivenciaram, quais semelhanças vocês conseguem apontar? E quais diferenças? Vocês já haviam me respondido pensando na modelagem cotidiana e na científica. Agora quero que vocês pensem também na modelagem sociocientífica.*

Com relação às diferenças, os integrantes do grupo responderam:

- .
- .
- .

Vânia: ... Na máquina de refrigerante entra dinheiro para lá e na da indústria não... Não, entra também quando compra a sacola, entra... [modelagem contexto sociocientífico, texto completo nas p. 163-164].

Além de, como já explicado, o trecho ter sido codificado por inteiro no aspecto *epistemologia*, em relação aos aspectos *provisoriedade das ideias* e *não linearidade dos*

pensamentos, apenas parte da resposta de Vânia ao longo do diálogo foi codificada (relacionada à mudança de ideia e ao “vai e vem” dos pensamentos de Vânia ao longo dos processos de produção e uso do conhecimento científico), pois tanto a pergunta feita por PQ2, quanto as demais informações contidas na resposta da estudante não estavam relacionadas diretamente à descrição deste aspecto.

Ao compararmos as figuras 6.1, 6.2 e 6.3, constatamos não apenas que a visão *sobre* Ciências dos estudantes ampliou, mas também em que extensão ela se ampliou. Isto porque no contexto cotidiano ocorreu apenas uma sobreposição de aspectos e de áreas, no científico duas e no sociocientífico oito. Portanto, houve um aumento significativo de sobreposições de aspectos e de áreas ao compararmos o contexto sociocientífico com os demais contextos. Tais sobreposições envolveram quatro aspectos e três áreas diferentes, tanto no contexto cotidiano quanto no científico. Com relação ao contexto sociocientífico, novamente, é possível perceber um aumento significativo com relação aos aspectos envolvidos nas sobreposições, uma vez que elas envolveram sete aspectos de quatro áreas diferentes.

Ainda com relação às sobreposições, especificamente de áreas, identificamos que em todos os contextos houve a sobreposição das áreas Sociologia, Psicologia e Filosofia da Ciência. Entendemos que isto é coerente, visto que tais áreas englobam os aspectos *aceitabilidade e interações entre cientistas*, *habilidade de expressão*; e *epistemologia e lógica*, respectivamente, todos inerentes à modelagem.

7. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Como relatado no início deste estudo, nas duas últimas décadas, foram publicadas algumas pesquisas na área de Educação em Ciências que enfatizam a importância de a educação científica ser mais autêntica (como definida em GILBERT, 2004), com os objetivos de promover uma alfabetização científica mais ampla e, conseqüentemente, contribuir na formação de cidadãos críticos-reflexivos (conforme discutido em SASSERON; CARVALHO, 2011) e no desenvolvimento de uma visão mais ampla *sobre* Ciências. Para tanto, várias dessas pesquisas também enfatizaram a importância de os aspectos de Natureza da Ciência (NdC) serem inseridos e discutidos de maneira contextualizada, explícita e integrada (LEDERMAN *et al.*, 2002; ALLCHIN, 2011; IRZIK; NOLA, 2011; ABD-EL-KHALICK, 2012; ALLCHIN, 2012; MATHEWS, 2012; ALLCHIN, 2013; IRZIK; NOLA, 2014; JUSTI; ERDURAN, 2015; ALLCHIN, 2017).

Diante disso, assim como das crenças de que (i) a Ciência não pode ser caracterizada por uma lista de princípios e (ii) a visão de estudantes *sobre* Ciências não pode ser caracterizada por instrumentos baseados em tal lista (visto que a mesma, segundo as críticas apresentadas ao longo do segundo capítulo, é simplista e limitada), assumimos, com base nos resultados apresentados em Maia (2009), que o Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM) poderia favorecer aos estudantes desenvolver uma visão mais ampla *sobre* Ciências. Isto porque, como a modelagem engloba uma série de outras práticas científicas, o EFM favorece aos estudantes vivenciar e refletir sobre, por exemplo, aspectos argumentativos, investigativos e históricos da Ciência.

Assim, considerando a inexistência de estudos empíricos que buscassem compreender as visões de estudantes *sobre* Ciências e suas relações com o EFM em contextos cotidiano, científico e sociocientífico ao longo de todo o processo, nos propusemos a responder três questões de pesquisa:

- i. Quais aspectos de Natureza da Ciência estudantes do Ensino Médio manifestam a partir da vivência das atividades de modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico?
- ii. Como a participação em atividades de modelagem, nos contextos investigados, contribui para que tais estudantes manifestem uma visão mais ampla *sobre* Ciências? Em que extensão isso acontece?

- iii. Como o Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências v.2 pode favorecer a análise de dados coletados em contextos regulares de ensino?

Para tanto, propusemos uma ferramenta analítica a partir do Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências (MoCEC) (figura 2.1), proposto por Justi e Erduran (2015), considerando as diferentes áreas do conhecimento, mas especificando não apenas as áreas, mas também seus aspectos constituintes. Portanto, tais aspectos foram utilizados como categorias bem definidas no processo de análise de dados. A proposição destes aspectos, assim como a especificação dos mesmos e de suas respectivas áreas resultou no que foi denominado por nós como segunda versão do modelo, identificada como MoCEC v.2 (figura 5.1).

Ao utilizarmos o MoCEC v.2 como ferramenta analítica, conseguimos responder nossas duas primeiras questões de pesquisa e, conseqüentemente, ao fazer isto, obtivemos subsídios para discutir também a terceira, que se relaciona a como o modelo poderia ser utilizado na análise de dados coletados em um contexto regular de ensino. Neste capítulo final, apresentamos nossas conclusões para cada uma dessas questões de pesquisa.

7.1 Aspectos de Natureza da Ciência manifestados pelos estudantes nas atividades de modelagem em diferentes contextos

Com relação à primeira questão de pesquisa, encontramos que, ao vivenciarem o EFM nos contextos cotidiano, científico e sociocientífico, os estudantes manifestaram 24 aspectos diferentes, relacionados a cinco áreas, que, além de apresentados, foram exemplificados no capítulo anterior (gráfico 6.1).

Como representado no gráfico 6.1, alguns aspectos foram manifestados em todos os contextos, enquanto outros ficaram restritos a contextos específicos. A partir dos dados representados nos gráficos 6.3, 6.4 e 6.5, sintetizamos os contextos em que cada um dos aspectos foi manifestado no quadro 7.1.

Quadro 7.1 – Identificação dos contextos em que os estudantes manifestaram cada um dos aspectos constituintes das áreas representadas no MoCEC v.2.

Área	Aspecto	Contexto Cotidiano	Contexto Científico	Contexto Sociocientífico
Filosofia da Ciência	Epistemologia	✓	✓	✓
	Lógica	✓	✓	✓
Psicologia da Ciência	Complexidade	✓	✓	✓
	Criatividade	✓	✓	
	Habilidade de expressão	✓	✓	✓
	Influência motivacional		✓	
	Inteligência		✓	
	Não linearidade dos pensamentos	✓	✓	✓
	Objetividade		✓	✓
	Provisoriedade das ideias	✓	✓	✓
	Racionalidade		✓	✓
	Subjetividade	✓	✓	✓
Antropologia da Ciência	Influência cultural		✓	✓
Sociologia da Ciência	Aceitabilidade	✓	✓	✓
	Falibilidade	✓	✓	✓
	Incerteza	✓	✓	✓
	Influência social		✓	✓
	Interações entre cientistas	✓	✓	✓
Economia da Ciência	Acesso ao conhecimento			✓
	Aplicabilidade		✓	
	Fontes de financiamento			✓
	Investimento econômico			✓
	Publicidade			✓
	Viabilidade			✓

Fonte: Autoria nossa.

O quadro 7.1 evidencia principalmente que:

- i. os contextos cotidiano e científico fomentaram a manifestação do aspecto *criatividade*, constituinte da área Psicologia da Ciência;

- ii. o contexto científico fomentou a manifestação dos aspectos *influência motivacional e inteligência*, ambos constituintes da área Psicologia da Ciência;
- iii. os contextos científico e sociocientífico fomentaram a manifestação dos aspectos *objetividade e racionalidade*, ambos constituintes da área Psicologia da Ciência; assim como, os aspectos *influência cultural e social*, constituintes das áreas Antropologia e Sociologia da Ciência, respectivamente;
- iv. o contexto sociocientífico fomentou, particularmente, a manifestação de aspectos constituintes da área Economia da Ciência;
- v. os aspectos *epistemologia e lógica* (Filosofia da Ciência); *complexidade, habilidade de expressão, não linearidade dos pensamentos, provisoriedade das ideias e subjetividade* (Psicologia da Ciência); e *aceitabilidade, falibilidade, incerteza e interações entre cientistas* (Sociologia da Ciência) foram manifestados em todos os contextos.

Ao retomarmos o MoCEC v.2, constatamos que dez aspectos não foram manifestados pelos estudantes, sendo eles: *personalidade* (Psicologia da Ciência); *incomensurabilidade* (Antropologia da Ciência); *credibilidade* (Sociologia da Ciência); *competitividade e produtividade* (Economia da Ciência); e *influência histórica, multiplicidade, não linearidade, progressividade e provisoriedade* (História da Ciência). Destes dez aspectos, cinco são da área de História da Ciência. Entendemos que isto aconteceu em função de os contextos investigados não possuírem nenhuma informação histórica e, portanto, não terem fomentado a manifestação de nenhum aspecto desta área. Além disto, não tínhamos expectativa de que os estudantes manifestassem todos os aspectos propostos no MoCEC v.2. Aliás, como tal ferramenta analítica foi proposta antes de “mergulharmos” em nossos dados, nossa intenção era que ela fosse ampla o suficiente para que pudesse ser utilizada não apenas na análise de dados obtidos em contextos de EFM, mas também na de dados obtidos em atividades de outras naturezas e desenvolvidas em outros contextos no ensino de Ciências. Ademais, mesmo acreditando na potencialidade do EFM para fomentar a ampliação da visão *sobre* Ciências dos estudantes que dele participam, seria ingenuidade nossa ter a expectativa de que todos os aspectos da ferramenta fossem manifestados.

Nesse sentido, nossa análise evidenciou que a diversidade e a frequência de aspectos das diversas áreas manifestados pelos estudantes foram influenciadas por três

fatores. O primeiro está relacionado aos diferentes contextos investigados pois, como evidenciado no quadro 7.1, contextos específicos fomentaram a manifestação de aspectos particulares. O segundo fator se relaciona ao fato de que, à medida que os estudantes foram vivenciando as atividades de modelagem, eles foram empregando e/ou desenvolvendo⁵⁶ habilidades (MAIA, 2009), tais como:

- i. analisar e compreender a situação problema e sistematizar o problema por meio da formulação de questões (subetapa de definição e/ou compreensão dos objetivos da entidade a ser modelada da etapa de *criação* do proto-modelo);
- ii. observar propriedades do sistema em estudo, selecionar conhecimentos prévios (na estrutura cognitiva), buscar informações externas e identificar propriedades do sistema ou conhecimentos prévios sobre o sistema em estudo que sejam relevantes (subetapas de obtenção de informações sobre a entidade a ser modelada da etapa de *criação* do proto-modelo e na etapa de *teste* de modelos);
- iii. conhecer diferentes formas de obter e relacionar informações, selecionar ideias e modelos prévios e aplicar modelos e ideias prévias a novas situações (subetapa de seleção da base para criar um dado modelo da etapa de *criação* do proto-modelo e na etapa de *teste* de modelos);
- iv. integrar ideias, dados e modelos na elaboração de novos conhecimentos (todas as etapas do processo);
- v. utilizar e interpretar diferentes formas de expressão e representação, comunicar ideias com correção e clareza, fazendo uso de terminologias adequadas (etapa de *expressão* dos diversos modelos elaborados e modificados);
- vi. elaborar questões hipotéticas, planejar e conduzir experimentos adequados, identificar variáveis relevantes, selecionar procedimentos, coletar, analisar e interpretar os dados e analisar os resultados obtidos e as implicações dos mesmos (etapa de *teste* dos modelos);
- vii. analisar a extensão em que o modelo proposto atinge seus objetivos (etapa de *teste* dos modelos); e

⁵⁶ Optamos por utilizar os dois verbos, assim como a autora, devido à dificuldade de inferir quais habilidades foram manifestadas e quais foram realmente desenvolvidas, encontrada por Maia (2009).

viii. estabelecer relações entre o modelo proposto e um contexto mais amplo, envolvendo novas situações e/ou informações (etapa de *avaliação* de um dado modelo).

A manifestação e/ou desenvolvimento de tais habilidades podem ter contribuído para ampliar o meta-conhecimento dos estudantes sobre modelos e modelagem e, conseqüentemente, para favorecer (ou ampliar) a compreensão de aspectos específicos das diversas áreas da Ciência.

Finalmente, o terceiro fator que pode ter influenciado a manifestação de aspectos das diversas áreas foi o fato de, em diversos momentos, a professora e/ou pesquisadoras terem destacado alguns deles em suas falas (como evidenciado e discutido no quinto e sexto capítulo), isto é, de o ensino dos mesmos ter sido explícito.

Além de apresentarmos e discutirmos como a participação em atividades de modelagem, nos contextos investigados, contribuiu para que os estudantes manifestassem uma visão mais ampla *sobre* Ciências, também foi possível apresentar e discutir em que extensão isso aconteceu através da representação de listras de codificação e de densidade de codificação, ambas geradas pelo *software* NVivo. No contexto cotidiano, identificamos uma sobreposição envolvendo quatro aspectos: *aceitabilidade* (Sociologia da Ciência); *subjetividade* e *habilidade de expressão* (Psicologia da Ciência); e *epistemologia* (Filosofia da Ciência) (figura 6.1). No científico, identificamos duas sobreposições envolvendo quatro aspectos: *interações entre cientistas* (Sociologia da Ciência); *subjetividade* e *inteligência* (Psicologia da Ciência); e *epistemologia* (Filosofia da Ciência) (figura 6.2). Por fim, no sociocientífico, identificamos oito sobreposições envolvendo sete aspectos: *influência social* (Sociologia da Ciência); *provisoriedade das ideias, não linearidade dos pensamentos* e *complexidade* (Psicologia da Ciência); *epistemologia* (Filosofia da Ciência); e *investimento econômico* e *fontes de financiamento* (Economia da Ciência) (figura 6.3).

Estes resultados demonstram que os estudantes, além de manifestarem mais aspectos (tanto em quantidade quanto em variedade) ao longo do processo, também integraram mais aspectos e áreas. Entendemos que tais integrações evidenciam não apenas a ampliação de suas visões *sobre* Ciências, mas também um aspecto importante da extensão em que tal ampliação ocorreu: sua complexidade. Além disso, foi possível

perceber que em todos os contextos houve a sobreposição das áreas Sociologia, Psicologia e Filosofia da Ciência. Isto nos parece coerente, visto que tais áreas englobam os aspectos: *aceitabilidade e interações entre cientistas* (Sociologia da Ciência); *habilidade de expressão* (Psicologia da Ciência); e *epistemologia e lógica* (Filosofia da Ciência), respectivamente, que, como discutido anteriormente, são inerentes à modelagem (GILBERT; JUSTI, 2016).

Ainda com relação à visão manifestada pelos estudantes, ressaltamos que a visão dos mesmos *sobre* Ciências ao final do processo foi caracterizada como mais ampla não apenas ao ser comparada com a visão caracterizada no início do processo, mas também com os vários aspectos da mesma manifestados a longo do processo. Tal afirmativa se sustenta também no que entendemos por visão mais ampla *sobre* Ciências, isto é, uma visão que possibilite aos estudantes compreender e refletir sobre os processos relacionados ao conhecimento científico como, por exemplo, os de produção, comunicação, avaliação, revisão e validação (ALLCHIN, 2011; 2013; JUSTI; ERDURAN, 2015; ALLCHIN, 2017). Entretanto, destacamos que nem todos os integrantes do grupo analisado manifestaram uma visão que pode ser caracterizada como mais ampla. Isto já era esperado, pois não tínhamos expectativa de que todos modificassem suas visões completamente. Isto porque além de cada estudante possuir a sua subjetividade, que é única, eles partiram de visões iniciais diferentes.

Diante disso, julgamos pertinente de explicitar alguns aspectos com relação às diferentes denominações para visão *sobre* Ciências (por exemplo, deformada, distorcida, estereotipada, inadequada e/ou menos esclarecida, apresentadas na literatura da área (por exemplo, GIL-PÉREZ *et al.*, 2001; LEDERMAN, 2006; PRAIA *et al.*, 2007; PUJALTE *et al.*, 2014; RIBEIRO; SILVA, 2018)) sobre as quais refletimos ao longo da elaboração deste trabalho. Julgamos que tais reflexões são importantes para justificar o porquê de não termos adotado nenhuma destas.

As perguntas que nos fizemos foram: *qual o sentido de caracterizarmos determinada visão sobre Ciências como deformada, distorcida, estereotipada, inadequada e/ou menos esclarecida? Em relação a que uma visão sobre Ciências é considerada deformada, distorcida, estereotipada, inadequada e/ou menos esclarecida?* Tais questionamentos foram feitos pois, a nosso ver, só faz sentido caracterizarmos

determinada visão *sobre* Ciências de acordo com estas denominações se isto for feito ao longo de um processo de ensino e aprendizagem. Até o presente momento (dezembro de 2018), não encontramos discussões neste sentido na literatura da área, visto que a maioria dos estudos divulgados (todos os que usamos para discutir os nossos dados) se baseiam em pré- e pós-testes e em instrumentos baseados na lista de princípios (LEDERMAN, 2006). Por isso entendemos que eles identificam apenas visões momentâneas dos estudantes.

Tais questionamentos se mostram coerentes com os resultados apresentados em todos estes estudos que utilizamos para discutir os nossos resultados, visto que desde 1957 os mesmos resultados são encontrados e são propostas explicações muito similares para os mesmos. Portanto, a pergunta que nos devemos fazer enquanto pessoas, professores e pesquisadores, é: *por que os mesmos resultados têm sido encontrados ao longo dos últimos 60 anos?*

Acreditamos que uma possível resposta seja porque a visão de estudantes *sobre* Ciências ainda não havia sido investigada ao longo de um extenso processo de ensino e aprendizagem. A partir dos resultados que encontramos neste estudo, constatamos que no início do processo nossos resultados eram semelhantes aos apresentados na literatura da área. Todavia, ao longo do processo este cenário foi se modificando de modo que, ao final do processo, nossos resultados apresentam caráter inédito. Isto porque os estudos já publicados se focam apenas na caracterização de tais visões em um momento específico e na proposição de explicações para as mesmas, e não em compreendê-las e caracterizá-las detalhadamente ao longo de um processo de ensino ocorrido em uma situação regular, como fizemos.

7.2. Contribuições das atividades de modelagem para a ampliação de visões de estudantes *sobre* Ciências

Em relação à segunda questão de pesquisa, nossa análise mostrou que algumas características das atividades de modelagem e do modo como elas foram vivenciadas contribuíram para que os estudantes manifestassem uma visão mais ampla *sobre* Ciências à medida que o processo de ensino transcorreu. Em especial, destacamos:

- i. as atividades favorecerem a vivência de, e possíveis reflexões sobre, várias práticas científicas inerentes à modelagem, como as relacionadas a atividades

- investigativas (por exemplo, explicar; fazer previsões; planejar, conduzir e analisar os resultados de experimentos; e validar resultados); à argumentação (por exemplo, elaborar justificativas para pontos de vista a partir de evidências e convencer os colegas de que uma ideia, ou modelo, é mais coerente e/ou ampla(o) do que outra(o)); à utilização de diversas linguagens ou modos de representação (nos diversos momentos de expressão de modelos/ideias); à visualização (no sentido de imaginar entidades abstratas e relações entre elas) entre outras;
- ii. as atividades terem sido vivenciadas em grupos pequenos, mas contando com momentos de socialização de ideias entre toda a turma;
 - iii. as atividades terem sido mediadas pela professora (principalmente) e pelas pesquisadoras, no sentido de criar um ambiente respeitoso, no qual os estudantes se sentissem à vontade para expressar e discutir suas ideias sem se preocuparem com a obtenção de uma resposta “certa” para os inúmeros questionamentos que foram feitos;
 - iv. as atividades envolverem temas e aspectos contextualizados, de modo que a discussão dos mesmos favoreceu a explicitação “natural” de alguns aspectos *sobre* Ciências por parte da professora e/ou pesquisadoras e, principalmente, reflexões dos estudantes sobre os mesmos a partir do processo vivenciado;
 - v. as atividades terem se relacionado a contextos distintos, com características e objetivos diferenciados, o que resultou em as etapas da modelagem serem vivenciadas várias vezes e de maneira dinâmica.

Em relação a este último ponto, salientamos que não existe um contexto melhor em detrimento de outro e que não faz sentido compará-los em termos de contribuição para o desenvolvimento de visões mais amplas *sobre* Ciências. Portanto, antes de um professor e/ou pesquisador escolher o contexto em que vai desenvolver alguma atividade, independentemente de sua natureza, ele deve identificar quais áreas e aspectos da Ciência gostaria de discutir com seus estudantes e, assim, fazer uma escolha consciente das atividades a serem conduzidas e do contexto atrelado a elas. Independente das opções feitas, entendemos que seja essencial que, como recomendado na literatura e discutido anteriormente neste trabalho, as atividades e contextos fomentem a inserção e discussão dos aspectos das várias áreas da Ciência de maneira

contextualizada, explícita e integrada. Isto aconteceu nos processos de EFM analisados neste trabalho com resultados, a nosso ver, significativos em termos de ampliação de visões de estudantes *sobre* Ciências.

Ao retomarmos os objetivos de cada uma das unidades didáticas, ressaltamos que:

- i. a modelagem desenvolvida no contexto cotidiano era mais simples se comparada às demais (tanto em termos da natureza das solicitações quanto dos conhecimentos requeridos), o que pode explicar o fato de ter fomentado apenas a manifestação de poucos aspectos por parte dos estudantes;
- ii. a modelagem desenvolvida no contexto científico envolvia o domínio de diversos conteúdos científicos curriculares, o que a tornava mais complexa se comparada à anterior e contribuía para que os estudantes pensassem de maneira mais ampla no tema; e
- iii. a modelagem desenvolvida no contexto sociocientífico, além de envolver os domínios de diversos conteúdos científicos curriculares discutidos na modelagem anterior, solicitava que os estudantes os utilizassem para propor soluções para o problema do acúmulo de plásticos.

Estas diferentes características podem explicar o fato de a modelagem desenvolvida no contexto sociocientífico ter fomentado a manifestação, por parte dos estudantes, tanto de uma variedade de aspectos maior, se comparada à modelagem cotidiana, quanto de uma frequência maior de determinados aspectos, se comparada à modelagem científica.

7.3 Utilização do Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências v.2 na análise de dados coletados em contextos regulares de ensino

Ao longo do processo, foi possível não apenas caracterizar as visões iniciais dos estudantes *sobre* Ciências, que eram limitadas, mas também acompanhar as mudanças – que significaram ampliações – nas mesmas. Para isto, buscamos ser coerentes com a nossa crença de que, além de ser importante inserir e discutir os aspectos de NdC de maneira contextualizada, explícita e integrada (como recomendado na literatura), também é importante caracterizar a visão de estudantes *sobre* Ciências, a partir da manifestação destes aspectos da mesma maneira. Além disto, ao agirmos assim, também fomos coerentes com as críticas que apresentamos ao longo do segundo capítulo,

relacionadas à Ciência não poder ser caracterizada por uma lista de princípios (como a proposta e apresentada em LEDERMAN, 2006) e à visão de estudantes *sobre* Ciências não poder ser caracterizada por instrumentos baseados em tal lista, visto que a mesma é simplista e limitada.

Neste sentido, o Modelo de Ciência para o Ensino de Ciências v.2, mais especificamente, os aspectos definidos para cada área da Ciência e a caracterização de cada um deles, foi utilizado como categorias bem definidas na análise de nossos dados, que haviam sido coletados em um contexto regular de ensino.

Seguindo as etapas propostas na metodologia de análise de dados (quarto capítulo), foi possível identificar a manifestação de tais aspectos, assim como identificar se o aspecto manifestado foi expresso ou vivenciado pelos sujeitos envolvidos ao longo do processo. Isto porque, diferentemente de Allchin (2011, 2013), entendemos alfabetização científica como algo mais amplo, isto é, uma educação científica que objetiva a formação de cidadãos críticos-reflexivos (conforme discutido em SASSERON; CARVALHO, 2011). Por isto, nossa proposta de ferramenta analítica (MoCEC v.2) leva em consideração o processo vivenciado pelo sujeito envolvido com as diversas práticas científicas – em nosso caso, os estudantes de Ciências. A nosso ver, isto favorece uma caracterização mais fidedigna das visões de estudantes do que propostas a partir das quais emergem apenas conhecimentos declarativos, muitas vezes influenciados pelos próprios instrumentos de coleta de dados, identificados em momentos específicos.

7.4 Novos números de mágica...

Ao caminharmos para o término deste texto, reconhecemos suas limitações em termos do tempo limitado dedicado à análise dos dados e de ter sido meu primeiro contexto de formação como pesquisadora da área. Por outro lado, destacamos nossa crença de que a realização do mesmo contribuiu não apenas para o preenchimento de uma lacuna encontrada na literatura da área (relacionada à inexistência de estudos empíricos que buscassem investigar a relação entre o ensino e aprendizagem *sobre* Ciências a partir do Ensino Fundamentado em Modelagem), mas também para o planejamento e condução de pesquisas futuras, em função da proposição de uma ferramenta analítica para analisar dados obtidos em contextos regulares de ensino. Assim, apontamos para a importância de tal ferramenta ser utilizada tanto na

elaboração e desenvolvimento de propostas de ensino, quanto em análises futuras, visando fomentar discussões sobre o grande desafio que é promover um ensino de Ciências que favoreça aos estudantes o desenvolvimento de uma visão mais ampla *sobre* Ciências.

Neste trabalho, a participação no Ensino Fundamentado em Modelagem favoreceu a ampliação da visão de estudantes *sobre* Ciências. Nos termos da epígrafe do mesmo, entendemos que tal processo de ensino favoreceu o despertar da criança – questionadora, curiosa e motivada a buscar soluções para problemas reais do mundo – que existia nos estudantes, contribuindo, em alguma extensão, para eles se tornarem cidadãos mais críticos-reflexivos. Entretanto, se desejamos que a Educação em Ciências tenha um papel relevante na criação de um novo mundo, julgamos essencial que situações como as vivenciadas nas salas de aula da escola em que coletamos nossos dados aconteçam em outras escolas.

Neste sentido, após ter estudado as visões de estudantes *sobre* Ciências e suas relações com o Ensino Fundamentado em Modelagem em diferentes contextos, a partir da utilização do MoCEC v.2 como ferramenta analítica, eu me interessei por investigar as possíveis contribuições do MoCEC v.2 para o desenvolvimento dos conhecimentos de licenciandos *sobre* Ciências, o que resultou no meu projeto de Doutorado. Hoje, entendo que isto pode contribuir para despertar, também em futuros professores, a vontade de ser como crianças, ou seja, de ocupar o lugar de crianças e de agir como elas, de estar bem na ponta dos finos pelos do coelho e se encantar com a impossibilidade do número de mágica a que assistem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD-EL-KHALICK, F. Nature of Science in Science Education: Towards a coherent framework for synergistic research and development. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K. G., *et al* (Ed.). **Second International Handbook of Science Education**. Dordrecht: Springer, 2012. p.1041-1060.

ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; LEDERMAN, N. G. The Nature of Science and Instructional Practice: Making the unnatural natural. **Science Education**, v. 82, n. 4, p. 417-436, 1998.

ALLCHIN, D. Should the Sociology of Science Be Rated X? **Science Education**, v. 86, n. 6, p. 934-946, 2004.

_____. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

_____. **How Can History and Philosophy of Science Contribute to Understanding the Nature of Science for Scientific Literacy?: Mapping research needs. Report from the Conference on How Can the HPS Contribute to Contemporary U.S.** Boston, Massachusetts 2012.

_____. **Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources**. Minnesota: SHiPS Educational Press, 2013.

_____. From Science Studies to Scientific Literacy: A view from the classroom. **Science & Education**, v. 23, n. 9, p. 1911-1932, 2014.

_____. Beyond the Consensus View: Whole Science. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 17, n. 1, p. 18-26, 2017.

ALLCHIN, D.; ANDERSEN, H. M.; NIELSEN, K. Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating student inquiry, historical cases, and contemporary cases in classroom practice. **Science Education**, v. 98, n. 3, p. 461-486, 2014.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Pioneira, 1999.

ARCHER, L. et al. “Doing” Science versus “Being” a Scientist: Examining 10-and 11-year-old schoolchildren’s constructions of science through the lens of identity. **Science Education**, v. 94, n. 4, p. 617-639, 2010.

BAYIR, E.; CAKICI, Y.; ERTAS, O. Exploring Natural and Social Scientists' Views of Nature of Science. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 8, p. 1286-1312, 2014.

BELEI, R. A. et al. O Uso de Entrevista, Observação e Vídeogravação em Pesquisa Qualitativa. **Cadernos de Educação**, v. 30, p. 187-199, 2008.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto: Porto Editora, 1994.

BUNGE, M. **Teoria e Realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.

CAKICI, Y.; BAYIR, E. Developing Children's Views of the Nature of Science through Role Play. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 7, p. 1075-1091, 2012.

CAMPBELL, T. The Importance of Epistemic Framing and Practices in the Next Generation Science Standards: Explaining phenomena, solving problems, and modeling as an anchoring science practice. Korean Association for Science Education. Busan, South Korea 2015.

CHAMBERS, D. W. Stereotypic Images of the Scientist: The draw-a-scientist test. **Science Education**, v. 67, n. 2, p. 255-265, 1983.

CLEMENT, J. Learning Via Model Construction and Criticism: Protocol evidence on sources of creativity in science. In: GLOVER, J.; RONNING, R., *et al* (Ed.). **Handbook of Creativity: Assessment, Theory and Research** New York: Plenum, 1989. p.341-381.

CUNNINGHAM, C. M.; HELMS, J. V. Sociology of Science as a Means to a More Authentic, Inclusive Science Education. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, n. 5, p. 483-499, 1998.

DENG, F. et al. Students' Views of the Nature of Science: A critical review of research. **Science Education**, v. 95, n. 6, p. 961-999, 2011.

DIAMOND JR, A. M. The Economics of Science. **Knowledge and Policy: The International Journal of Knowledge Transfer and Utilization**, v. 9, n. 2-3, p. 6-49, 1996.

_____. Economics of Science. In: DURLAUF, S. N. e BLUME, E. (Ed.). **The New Palgrave Dictionary of Economics Online**: Palgrave Macmillan, 2008. p.1-27.

DUNBAR, K. Understanding the Role of Cognition in Science: The science as category framework. In: CARRUTHERS, P.; STICH, S., *et al* (Ed.). **The Cognitive Basis of Science**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. p.154-170.

DUNBAR, K.; BLANCHETTE, I. The in Vivo/in Vitro Approach to Cognition: The case of analogy. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 5, n. 8, p. 334-339, 2001.

DUSO, L. et al. Modelização: Uma possibilidade didática no ensino de Biologia. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 2, p. 29-44, 2013.

ERDURAN, S.; DAGHER, Z. R. **Reconceptualising the Nature of Science for Science Education: Scientific knowledge, practices and other family categories**. Dordrecht: Springer, 2014.

ERDURAN, S.; MUGALOGLU, E. Interactions of Economics of Science and Science Education: Investigating the implications for science teaching and learning. **Science & Education**, v. 22, n. 10, p. 2405-2425, 2013.

FEIST, G. J. The Psychology of Science is Off and Running but Where do We Go from Here? In: PROCTOR, R. W. e CAPALDI, E. J. (Ed.). **Psychology of Science: Implicit and Explicit Processes**. New York: Oxford University Press, 2012. p.13-39.

FEIST, G. J.; GORMAN, M. E. The Psychology of Science: Review and integration of a nascent discipline. **Review of General Psychology**, v. 2, n. 1, p. 3-47, 1998.

FERNÁNDEZ, I. et al. Visiones Deformadas de la Ciencia Transmitidas por la Enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.

FRANCO, L. G.; MUNFORD, D. Investigando Interações Discursivas em Aulas de Ciências: Um “olhar sensível ao contexto” sobre a pesquisa em Educação em Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 1, p. 125-151, 2018.

GALLEGO-TORRES, A. P. Imagen Popular de la Ciencia Transmitida por los Cómics. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 4, n. 1, p. 141-151, 2007.

GIERE, R. N. **Cognitive Models of Science**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1992.

_____. **Explaining Science: A cognitive approach**. Chicago and London: University of Chicago Press, 1998.

_____. Scientific Cognition as Distributed Cognition. In: CARRUTHERS, P.; STICH, S., *et al* (Ed.). **The Cognitive Basis of Science** Cambridge: CUP, 2002. p.285-299.

GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma Imagem não Deformada do Trabalho Científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GIL, A. C. **Estudo de Caso**. São Paulo: Atlas, 2009.

GILBERT, J. Models and Modelling: Routes to a more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 2, n. 2, p. 115-130, 2004.

GILBERT, J.; BOULTER, C. J.; ELMER, R. Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In: GILBERT, J. e BOULTER, C. J. (Ed.). **Developing Models in Science Education** Dordrecht: Kluwer, 2000. p.3-17.

GILBERT, J.; BOULTER, C. J.; RUTHERFORD, M. Models in Explanations, Part I: Horses for courses? **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 1, p. 83-97, 1998.

GILBERT, J.; JUSTI, R. **Modelling-based Teaching in Science Education**. Basel, Switzerland: Springer International Publishing, 2016.

IRZIK, G. Introduction: Commercialization of academic science and a new agenda for science education. **Science & Education**, v. 22, n. 10, p. 2375-2384, 2013.

IRZIK, G.; NOLA, R. A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. **Science & Education**, v. 20, n. 7-8, p. 591-607, 2011.

_____. New Directions for Nature of Science Research. In: MATHEWS, M. R. (Ed.). **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer, 2014. p.999-1021.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; DUSCHL, R. **Epistemic Practices and Scientific Practices: Theoretical and educational challenges**. 11th Conference of the European Science Education Research Association. Helsinki, Finland 2015.

JOHNSON-LAIRD, P. **Mental Models**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.

JUSTI, R. La Enseñanza de Ciencias Basada en la Elaboración de Modelos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 2, p. 173-184, 2006.

JUSTI, R.; ERDURAN, S. **Characterizing Nature of Science: A supporting model for teachers.** Conference of the International History, Philosophy, and Science Teaching Group. Rio de Janeiro, Brazil 2015.

JUSTI, R.; GILBERT, J. **Modelling, Teachers' Views on the Nature of Modelling, Implications for the Education of Modellers.** *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002.

JUSTI, R.; MOZZER, N. B. **Modelling-based Knowledge Building: The case of a blind student.** annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Orlando, Flórida 2011.

KNELLER, G. F. **A Ciência como Atividade Humana.** Rio de Janeiro: Zahar, 1980.

KNORR-CETINA, K. **Epistemic Cultures: How the sciences make knowledge.** Cambridge, MA: Harvard University Press, 1999.

KNUUTTILA, T. **Models as Epistemic Artefacts: Toward a non-representationalist account of science representation.** Helsinki: University of Helsinki, 2005.

_____. **Science in a New Mode: Good old (theoretical) science versus brave new (commodified) knowledge production?** *Science & Education*, v. 22, n. 10, p. 2443-2461, 2013.

KOMINSKI, L.; GIORDAN, M. **Visões de Ciências e sobre Cientista entre Estudantes do Ensino Médio.** *Química Nova na Escola*, n. 15, p. 11-18, 2002.

LARAIA, R. B. **Cultura: Um conceito antropológico.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

LATOUR, B. **Science in Action.** Cambridge, MA: Harvard University Press, 1987.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **Laboratory Life: The construction of scientific facts.** Princeton, NJ: Princeton University Press, 1986.

LEDERMAN, J. S.; KHISHFE, R. **Views of Nature of Science, Form D.** Illinois Institute of Technology. Chicago, Illinois 2002.

LEDERMAN, J. S.; KO, E. K. **Views of Nature of Science, Form E.** Illinois Institute of Technology. Chicago, Illinois 2002.

LEDERMAN, N. G. Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. In: FLICK, L. B. e LEDERMAN, N. G. (Ed.). **Scientific Inquiry and Nature of Science**. Dordrecht: Springer, 2006. p.301-317.

LEDERMAN, N. G. et al. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

LIMA, R. R. **Desenvolvimento do Conhecimento de Professores sobre Natureza da Ciência: Contribuições da história da ciência**. 2017. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens qualitativas**. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 2011.

MAIA, P. F. **Habilidades Investigativas no Ensino Fundamentado em Modelagem**. 2009. (Tese de Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

MAIA, P. F.; JUSTI, R. Learning of Chemical Equilibrium through Modelling-based Teaching. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 5, p. 603-630, 2009.

MARCUS, G. E.; FISCHER, M. **Antropology as Cultural Critique: An experimental moment in the human sciences**. Chicago: University of Chicago Press, 1986.

MATHEWS, M. R. In Defense of Modest Goals when Teaching about the Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, n. 2, p. 161-174, 1998.

_____. Changing the Focus: From nature of science to features of science. In: KHINE, M. S. (Ed.). **Advances in Nature of Science Research**. Dordrecht: Springer, 2012. p.3-26.

MCCOMAS, W. F. Seeking Historical Examples to Illustrate Key Aspects of the Nature of Science. **Science & Education**, v. 17, n. 2-3, p. 249-263, 2008.

MEAD, M.; METRAUX, R. Image of the Scientist among High-School Students. **Science**, v. 126, n. 3270, p. 384-390, 1957.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Favorecendo o Aprendizado do Modelo Eletrostático: Análise de um processo de ensino de ligação iônica fundamentado em modelagem – Parte 2. **Educación Química**, v. 20, n. 3, p. 373-382, 2009.

_____. Contributions of the Model of Modelling Diagram to the Learning of Ionic Bonding: Analysis of a case study. **Research in Science Education**, v. 41, n. 4, p. 479-503, 2011.

MESQUITA, N. A. S.; SOARES, M. H. F. B. Visões de Ciência em Desenhos Animados: Uma alternativa para o debate sobre a construção do conhecimento científico em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 3, p. 417-429, 2008.

MILLAR, R.; OSBORNE, J. **Beyond 2000: Science education for the future**. London: King's College and London School of Education, 1998.

MORRISON, M.; MORGAN, M. S. Models as Mediating Instruments. In: MORGAN, M. S. e MORRISON, M. (Ed.). **Models as Mediators: Perspectives on natural and social science**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p.10-37.

MOZZER, N. B. **O Entendimento Conceitual do Processo de Dissolução a partir da Elaboração de Modelos e sob a Perspectiva da Teoria de Campos Conceituais**. 2013. (Tese de Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. Modelagem Analógica no Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 1, p. 155-182, 2018.

NERSESSIAN, N. J. Model-based Reasoning in Conceptual Change. In: MAGNANI, L.; NERSESSIAN, N. J., *et al* (Ed.). **Model-Based Reasoning in Scientific Discovery**. New York: Kluwer and Plenum, 1999. p.5-22.

NIELSEN, K. Scientific Communication and the Nature of Science. **Science & Education**, v. 22, n. 9, p. 2067-2086, 2013.

OLIVA, J. M.; ARAGÓN-MÉNDEZ, M. M. Modelización y Pensamiento Analógico en el Aprendizaje del Cambio Químico **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 3, p. 903-929, 2017.

OLIVEIRA, M. M. **Como Fazer Pesquisa Qualitativa**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2010.

OSBECK, L. M. *et al*. **Science as Psychology: Sense-making and identity in science practice**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

OSBORNE, J. et al. What "Ideas-about-Science" Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 40, n. 7, p. 692-720, 2003.

PICKERING, A. **The Mangle of Practice: Time, agency, & science**. Chicago: The University of Chicago Press, 1995.

PIMENTA, L. S. **Utilização de Atividades de Modelagem como Estratégia de Ensino para Alunos com Deficiência Intelectual**. 2018. (Trabalho de Conclusão de Curso). Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PORTIDES, D. Seeking Representations of Phenomena: Phenomenological models. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 42, n. 2, p. 334-341, 2011.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O Papel da Natureza da Ciência na Educação para a Cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

PUJALTE, A. P. et al. Las Imágenes Inadecuadas de Ciencia y de Científico como Foco de la Naturaleza de la Ciencia: Estado del arte y cuestiones pendientes. **Ciência & Educação** v. 20, n. 3, p. 535-548, 2014.

QSR INTERNATIONAL. **NVivo10 Introdução** 2013.

REIS, P.; GALVÃO, C. O Diagnóstico de Concepções sobre os Cientistas através da Análise e Discussão de Histórias de Ficção Científica Redigidas pelos Alunos. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 213-234, 2006.

REIS, P.; RODRIGUES, S. E.; SANTOS, F. Concepções sobre os Cientistas em Alunos do 1º Ciclo do Ensino Básico: "Poções, máquinas, monstros, invenções e outras coisas malucas". **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 1, p. 51-74, 2006.

RIBEIRO, G.; SILVA, J. L. J. C. A Imagem do Cientista: Impacto de uma intervenção pedagógica focalizada na História da Ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 2, p. 130-158, 2018.

ROBERTS, D. A. Competing Visions of Scientific Literacy: The influence of a science curriculum policy image. In: LINDER, C.; ÖSTMAN, L., *et al* (Ed.). **Exploring the Landscape of Scientific Literacy**. New York, NY: Routledge, 2011. p.11-27.

ROBSON, C. **Real World Research**. Oxford: Blackwell, 2002.

ROSENBERG, A. Why Philosophy of Science? In: ROSENBERG, A. (Ed.). **The Philosophy of Science: A contemporary introduction**. Abingdon: Routledge, 2005. p.1-20.

SANTOS, M. Uso da História da Ciência para Favorecer a Compreensão de Estudantes do Ensino Médio sobre Ciência. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 2, p. 641-668, 2018.

SANTOS, M.; JUSTI, R. **Utilização de História da Ciência no Ensino Visando o Aprendizado de Natureza da Ciência**. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, Brasil 2017.

_____. **Uma Proposta para o Ensino de Natureza da Ciência Pautada na Perspectiva do Ensino Funcional**. Conferência Latino-Americana do International History, Philosophy and Science Teaching Group. Santo André, Brasil 2018.

SANTOS, M.; JUSTI, R.; CARVALHO, M. E. M. D. **O Uso da História da Ciência como Estratégia para o Ensino de Química**. Simpósio Mineiro de Educação Química. Juiz de Fora, Brasil 2015.

SANTOS, W. L. P. **Aspectos Sociocientíficos em Aulas de Química**. 2002. (Tese de doutorado). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

_____. **Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a função do ensino de CTS**. *Alexandria*, v. 1, n. 1, p. 109-131, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: Uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SCHWARTZ, R. S.; LEDERMAN, N. G.; LEDERMAN, J. S. **An Instrument to Assess Views of Scientific Inquiry: The VOSI questionnaire**. annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Baltimore, MD 2008.

SHADISH, W. R.; FULLER, S.; GORMAN, M. E. Social Psychology of Science: A conceptual and empirical research program. In: SHADISH, W. R. e FULLER, S. (Ed.). **The Social Psychology of Science** New York: Guilford Press, 1994. p.3-122.

SHADISH, W. R. et al. The Psychology of Science: An introduction. In: GHOLSON, B.; SHADISH, W. R., et al (Ed.). **Psychology of Science: Contributions to metascience**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p.1-16.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. Estudo da Utilização de Modelagem como Estratégia para Fundamentar uma Proposta de Ensino Relacionada à Energia Envolvida nas Transformações Químicas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 2, p. 1-26, 2010.

_____. Interloquções Possíveis entre Linguagem e Apropriação de Conceitos Científicos na Perspectiva de uma estratégia de Modelagem para a Energia Envolvida nas Transformações Químicas. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 31-46, 2011.

TAUCEDA, K. C.; PINO, J. C. Modelos e Outras Representações Mentais no Estudo do DNA em Alunos do Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 2, p. 337-354, 2010.

TOMAZI, A. L. et al. O Que é e Quem Faz Ciência? Imagens sobre a atividade científica divulgadas em filmes de animação infantil. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 2, p. 1-19, 2009.

VAN DICK, E. M. Portraying Real Science in Science Communication. **Science Education**, v. 95, n. 6, p. 1086-1100, 2011.

VERMEIR, K. Scientific Research: Commodities or commons? **Science & Education**, v. 22, n. 10, p. 2485-2510, 2013.

WEINSTEIN, M. Finding Science in the School Body: Reflections on transgressing the boundaries of science education and the social studies of science. **Science Education**, v. 92, n. 3, p. 389-403, 2008.

WELLS, M.; HESTENES, D.; SWACKHAMER, G. A Modelling Method for High School Physics Instruction. **American Journal of Physics**, v. 63, n. 7, p. 606-619, 1995.

WONG, S. L.; HODSON, D. More from the Horse's Mouth: What scientists say about science as a social practice. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 11, p. 1431-1463, 2010.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZEIDLER, D. et al. Beyond STS: A Research-based framework for socioscientific issues education. **Science Education**, v. 89, n. 3, p. 357-377, 2005.

APÊNDICES

Atividade 1 – Construindo o conhecimento de uma maneira diferente

Provavelmente você já utilizou, ou conhece alguém que utilizou, máquinas de vender latas de refrigerante. Mas, você já pensou em como esse equipamento funciona? Pois bem, esse será nosso desafio nesta Atividade!

1. Elabore um modelo que explique como funciona uma máquina de vender latas de refrigerante. Explique todas as características de seu modelo por escrito.

Atividade 2 – Testando nossos modelos

Agora, teremos a oportunidade de testar nossos modelos visando analisar em que extensão eles satisfazem os objetivos para os quais foram elaborados.

No quadro 2.1 são apresentadas duas condições na qual uma máquina de vender latas de refrigerante é submetida, assim como os aspectos observados em cada uma delas.

<i>Condição</i>	<i>Observações</i>
<i>1. Deixar a máquina desligada da tomada e, em seguida, colocar a moeda.</i>	<i>O refrigerante não é servido.</i>
<i>2. Desligar a máquina da tomada por duas horas. Ligar novamente e colocar a moeda.</i>	<i>A máquina não serve a bebida imediatamente. Após alguns minutos, a máquina começa a funcionar e, decorrido um certo tempo, ao ser inserida uma moeda, o refrigerante é servido.</i>

Quadro 2.1 - Observações relacionadas ao funcionamento da máquina de vender latas de refrigerante.

1. O modelo do seu grupo é capaz de explicar essas observações? **Por quê?**⁵⁷

2. Em caso de resposta **afirmativa** à **questão 1**:
Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais adequado para essas observações?

3. Em caso de resposta **negativa** à **questão 1**, reformule o modelo de modo que ele consiga explicar as observações. A seguir, responda:
 - a. Como seu novo modelo é capaz de explicar essas observações?
 - b. O que você diria para convencer os outros grupos de que seu novo modelo é mais adequado para explicar as observações?

⁵⁷ Os espaços em branco destinados às respostas dos estudantes foram omitidos nesta versão do material.

Atividade 3 – Utilizando o modelo em outra situação

Agora, teremos a oportunidade de avaliar nossos modelos em outra situação: pensando em um caixa eletrônico.

1. O modelo do seu grupo é capaz de explicar o funcionamento de um caixa eletrônico?

Sim


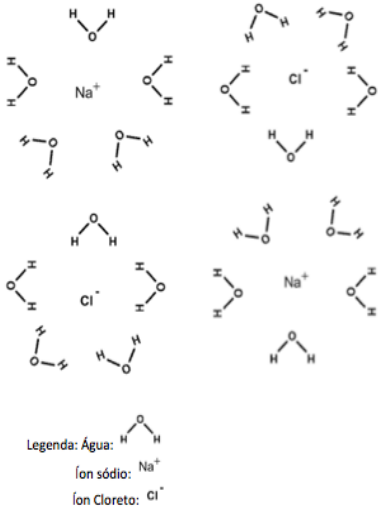
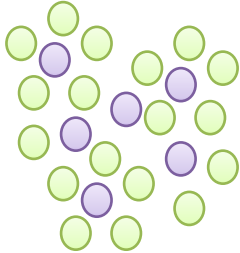


Não

Em partes

2. Quais aspectos do funcionamento de um caixa eletrônico o modelo do seu grupo é capaz de explicar? **Por quê?**
3. Em caso de resposta **negativa** à **questão 1**:
Quais aspectos do funcionamento de um caixa eletrônico o modelo do seu grupo não é capaz de explicar? **Por quê?**

Atividade 4 – O papel das representações

Abaixo são apresentados três modos de representação (I, II e III) para o fenômeno de dissolução do sal em água. Observe cada um deles e responda as questões que se seguem.

Representação I	Representação II	Representação III
	 <p>Legenda: Água: H_2O Íon sódio: Na^+ Íon Cloreto: Cl^-</p>	 <p>Legenda: Sal de Cozinha  Água </p>

1. Explique o que cada representação consegue ou não explicar sobre o fenômeno de dissolução do sal em água. **Justifique sua resposta.**

Representação I:

Representação II:

Representação III:

2. Todas as representações cumprem o objetivo de representar o fenômeno de dissolução do sal em água da mesma maneira? **Por quê?**

3. Quais aspectos do fenômeno de dissolução do sal em água as representações não levam em consideração?

Representação I:

Representação II:

Representação III:

4. Se você precisasse explicar o fenômeno de dissolução do sal em água para um colega, qual representação utilizaria? **Por quê?**

5. Dê um exemplo de situação em que cada representação pode ser utilizada.

Representação I:

Representação II:

Representação III:

Atividade 6 – Características de diferentes objetos plásticos

Hoje teremos a oportunidade de estudar um pouco mais sobre os plásticos. Nosso objetivo é tentar explicar por que os plásticos apresentam comportamentos diferentes.

Você receberá dois objetos plásticos: um pedaço de sacola (como as disponibilizadas em supermercados) e um pedaço da carcaça de uma TV antiga. Você deverá tentar dobrar cada objeto. Porém, antes de realizar esse procedimento, faça uma previsão do que deve acontecer com cada um deles, e anote-as no **quadro 6.1**.

<i>Objetos</i>	<i>Previsões</i>
<i>Sacola</i>	
<i>Carcaça de TV</i>	

Quadro 6.1 - Previsões antes da tentativa de dobrar os objetos.

1. Como você justifica suas previsões?

Tente dobrar cada um dos objetos. Anote suas observações no **quadro 6.2**.

<i>Objetos</i>	<i>Observações</i>
<i>Sacola</i>	
<i>Carcaça de TV</i>	

Quadro 6.2 - Observações após tentativa de dobrar os objetos.

2. Suas previsões se concretizaram? **Por quê?**
3. A sacola e a carcaça de TV tiveram o mesmo comportamento? **Por quê?**

Atividade 7 – Tentando explicar os comportamentos de diferentes objetos plásticos

Seu grupo receberá vários materiais (bolinhas de isopor, palitos de dente, lápis de cor, massinha de modelar, entre outros) que poderão ser usados para responder as questões a seguir:

1. Considerando o que você observou e respondeu na **Atividade 6**, elabore modelo(s) que explique(m), no nível submicroscópico, o que aconteceu com a sacola e a carcaça de TV **após** a tentativa de dobrar cada objeto.

2. Independente do material utilizado para construir seu(s) modelo(s):
 - a. **Explique** todas as características de seu modelo por escrito. Se necessário, faça também desenhos.
 - b. **Justifique** o motivo de ter utilizado cada material selecionado.

3. Usando o(s) modelo(s) que seu grupo elaborou, você consegue explicar os comportamentos observados para os dois objetos (sacola e carcaça de TV)? **Em caso afirmativo, como? Em caso negativo, por quê?**

4. Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais adequado para explicar os comportamentos observados para os dois objetos (sacola e carcaça de TV) nos procedimentos realizados na **Atividade 6**.

Atividade 8 – Testando nossos modelos

Para a realização desta atividade, você observará os resultados de outro procedimento realizado com os objetos sacola e carcaça de TV: o aquecimento dos mesmos. Porém, **antes** de observar esse procedimento, faça **previsões** sobre o que deve acontecer com cada um dos objetos, anotando-as no **quadro 8.1**.

<i>Objetos</i>	<i>Previsões antes do aquecimento</i>
<i>Sacola</i>	
<i>Carcaça de TV</i>	

Quadro 8.1 - Previsões relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV antes do seu aquecimento.

1. Seu modelo anterior explica as **previsões** registradas no **quadro 8.1**? **Como?**

Considerando os perigos envolvidos no aquecimento de objetos em sala de aula, você assistirá um vídeo que exibe um procedimento no qual os objetos sacola e carcaça de TV são submetidos ao aquecimento. Anote suas observações no **quadro 8.2**.

<i>Objetos</i>	<i>Observações após o aquecimento</i>
<i>Sacola</i>	
<i>Carcaça de TV</i>	

Quadro 8.2 - Observações relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento.

2. As observações realizadas após o procedimento estão de acordo com as previsões do seu grupo?
3. O(s) modelo(s) do seu grupo é(são) capaz(es) de explicar essas observações? **Por quê?**
4. Em caso de resposta **afirmativa** à **questão 3**:
Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais

adequado para explicar os comportamentos observados para sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento?

5. Em caso de resposta **negativa** à **questão 3**, reformule o(s) modelo(s) de modo que ele(s) consiga(m) explicar as observações. Registre seu novo modelo e responda:
- a. Como o(s) novo(s) modelo(s) é (são) capaz(es) de explicar essas observações?
 - b. Como você convenceria os outros grupos de que seu(s) novo(s) modelo(s) é(são) mais adequado(s) para explicar essas observações?

Atividade 9 – Utilizando nossos modelos em outra situação

Seu grupo receberá um pedaço de pneu. Com ele, você deverá realizar os mesmos procedimentos realizados para a sacola e o pedaço de carcaça de TV. Dessa maneira, você deverá tentar dobrá-lo e observar o vídeo que exibe seu aquecimento. Porém, antes de realizar o procedimento e observar o vídeo, faça previsões do que deve acontecer após a realização dos mesmos e anote-as no quadro 9.1.

<i>Procedimento</i>	<i>Previsões</i>
<i>Tentativa de dobrar</i>	
<i>Aquecimento</i>	

Quadro 9.1: *Previsões relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento antes do seu aquecimento.*

1. O pneu terá comportamento mais parecido com o da sacola ou com o da carcaça de TV? **Por quê?**
2. *Agora tente-o dobrar e observe o vídeo do aquecimento do pedaço de pneu. Anote suas observações no quadro 9.2.*

<i>Procedimento</i>	<i>Observações</i>
<i>Tentativa de dobrar</i>	
<i>Aquecimento</i>	

Quadro 9.2: *Observações relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento.*

2. As observações feitas a partir do procedimento realizado e observado em vídeo estão de acordo com as previsões do seu grupo?
3. O(s) modelo(s) do seu grupo é(são) capaz(es) de explicar essas observações? **Por quê?**
4. Em caso de resposta afirmativa à **questão 3:**
Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais

adequado para explicar essas observações?

5. Em caso de resposta **negativa** à **questão 3**, reformule o(s) modelo(s) de forma que ele(s) possa(m) ser usados para explicar as observações. Para isto, você pode utilizar quaisquer dos materiais disponibilizados (bolinhas de isopor, palitos de dente, lápis de cor, massinha de modelar, entre outros). Registre seu novo modelo e responda:
- Como o(s) novo(s) modelo(s) é (são) capaz(es) de explicar essas observações?
 - Caso você tenha utilizado materiais diferentes, **justifique** sua nova opção.
 - Como você convenceria os outros grupos de que seu(s) novo(s) modelo(s) é(são) mais adequado(s) para explicar essas observações?

Atividade 10 – Tentando resolver o problema do acúmulo de plásticos

PARTE A: TEXTO

Assembleia Geral: Acúmulo de Plásticos

Em uma comunidade próxima à Belo Horizonte, várias pessoas foram convocadas para uma assembleia geral sobre o tema “*Acúmulo de Plásticos*” que aconteceu na Escola Estadual Aprendendo a Criar. Dentre essas pessoas estavam: os donos da indústria Total Flex, a proprietária do restaurante Sabor Mineiro, os moradores ribeirinhos, o pessoal da associação de bairro União faz a Força, o dono da borracharia João do Pneu, um representante da COPASA, uma funcionária da Zoonose que combate à dengue, e os estudantes da escola. Além disso, todos os membros da comunidade que desejassem poderiam participar da assembleia.

A diretora da escola fez o primeiro pronunciamento para introduzir o assunto e, assim, começar as discussões.

(Diretora) – *Bom dia a todos! Estamos aqui para conversar sobre o acúmulo de plásticos em nossa comunidade. Esse é um problema que vem atingindo todos nós há algum tempo e precisamos tomar algumas providências. Vamos começar com os depoimentos sobre os problemas causados. Quem gostaria de começar?*

(Representante da COPASA) – *Bom dia! Vim reportar a dificuldade que estamos enfrentando no tratamento da água que chega à nossa estação pelo Rio Baixo. É uma catástrofe! Há muitas sacolas no curso d’água. Tantas que chegam a entupir a grade. Isso está dificultando que a água chegue em nossa estação de tratamento! Parece até que a comunidade não tem serviço de coleta de lixo.*

(Mãe de um estudante da escola, indignada) – *O bairro tem coleta de lixo sim! O pessoal que mora perto do rio é quem não respeita.*

(Moradora ribeirinha) – *O caminhão só para no quarteirão de cima. Colocamos o lixo na esquina, mas a chuva arrasta para o rio. Não é nossa culpa!*

(Funcionária da Zoonose que combate à dengue, revoltada) – *Mas não é só sacola que entope a grade! Temos também muitos problemas nessa região com pneus e carcaças de aparelhos eletrônicos, que são jogados nas ruas e matas. O formato desses materiais*

pode contribuir para que haja acúmulo de água, minha gente! Já encontrei vários focos de dengue! Parece que vocês não entendem o perigo!

(Borracheiro, nervoso) – Mas os pneus vão ficar onde? Eu tento remendar até não conseguir mais, depois preciso jogar em algum lugar. Você acha que tem espaço suficiente na minha oficina? É pequena demais! Ou joga lá ou queimo!

(Moradora) – Queimar? Você é louco! Isso solta fumaça demais, suja as casas de todos que estão situados ao redor da sua borracharia!

(Estudante) – Fora que toda essa fumaça liberada, além de causar muita sujeira, é tóxica! A gente estudou isso nas aulas de Química.

(Professor de Geografia da escola) – Sim, pessoal! A queima de determinados objetos plásticos libera para o ambiente várias substâncias tóxicas, não só para nós como para o meio ambiente. Além disso, vocês já ouviram falar da intensificação do efeito estufa, de aquecimento global?

(Morador) – Não, nunca ouvi! E sobre essas carcaças, você está falando de TV, computador e celulares antigos? Vamos ter que guardar todo esse “entulho” em casa agora? Não tem espaço na minha casa para deixar essas coisas!

Os moradores começaram a discutir. Cada um deles tentava falar mais alto do que o outro. Um dos moradores disse que viu o outro jogar pneu no rio; outros disseram que o fato de as carcaças não possuírem um destino adequado após não terem mais utilidade está associado à evolução tecnológica, visto que esta favorece que tudo fique velho muito rápido. Vários moradores alegaram que a população ribeirinha era a culpada de jogar as sacolas nas ruas e nos rios, e alguns colocaram a culpa nos cachorros e cavalos que comem tudo pelas esquinas e deixam as sacolas jogadas. Foi uma total confusão! Até que a diretora pegou o microfone e colocou ordem na assembleia.

(Diretora) – Pessoal, vamos ser civilizados! Levantem a mão, por gentileza. Em seguida, ela deu o poder de fala ao primeiro que se comportou assim.

(Membro da associação do bairro) – Nossa comunidade produz muito resíduo plástico! Todas as semanas a equipe de limpeza da nossa associação vai a algum ponto do bairro realizar a limpeza, mas é impossível recolher tudo!

(Dono da indústria) – *Tudo que produzimos de resíduo plástico é devidamente embalado e levado pelo caminhão para o lixão. Não estamos contribuindo para essa poluição de que falam.*

(Morador) – *Como não, senhor? O lixão fica aqui ao lado! Todas as semanas o caminhão de sua empresa despeja uma caçamba cheia de resíduos plásticos lá. Uma hora não vai caber mais!*

(Dona do restaurante, tentando se defender) – *Mas o que faremos, então? Meu restaurante também produz muito resíduo plástico. Tudo é embalado em plástico: comidas, refrigerantes, doces, os temperos, até os palitos de dente! Nós temos que jogar em algum lugar!*

Um estudante da escola levantou a mão discretamente e a diretora lhe deu o direito de falar.

(Estudante) – *Pessoal, recentemente, as professoras de Química e Biologia nos pediram para que realizássemos uma pesquisa simples sobre os impactos causados pelos plásticos no meio ambiente e para nós. Eu percebi que eles são muitos e perigosos, além de demorarem muito para sumir...*

(Professora de Química, corrigindo) – *Degradar.*

(Estudante, triste, mas com esperança de influenciar as pessoas com suas palavras) – *Isso, degradar! Os plásticos quando jogados nas matas e rios permanecem nesses locais por mais tempo do que nós mesmos podemos viver. E se a gente não der um jeito nisso logo, daqui a pouco não restará espaço nem mesmo para nós, pois os plásticos irão ocupar tudo. Não adianta brigar, precisamos resolver o problema.*

Em seguida, um silêncio se instalou durante um momento, todos estavam pensativos em relação à quantidade de plásticos que eram jogados todos os dias no lixão, nas ruas e no rio.

(Outro estudante) – *Todos nós temos culpa! Vocês já pararam para pensar sobre a quantidade de plásticos que usamos e jogamos fora todos os dias? É muito plástico!*

(Diretora, olhando esperançosa para os estudantes) – *Como poderíamos solucionar esse problema?*

Todos ficaram pensativos em silêncio. Até que um murmurinho começou entre alguns estudantes. Poucos minutos depois uma aluna disse:

(Aluna, toda confiante) – *Eu e meus amigos pensamos em uma solução. Achamos que seria muito vantajoso para toda a comunidade se começássemos a reciclar todos os materiais plásticos que descartamos.*

(Diretora, contente com seus estudantes) – *Acho que seria uma ótima ideia!*

Todos concordaram e comentaram a astúcia dos estudantes. Em seguida, a diretora finalizou a assembleia pedindo que os estudantes pesquisassem mais profundamente sobre a reciclagem e tudo que está envolvido no processo. Para isso eles deveriam contar também com a ajuda dos presentes.

Na próxima assembleia, marcada para 15 dias depois, os estudantes deveriam apresentar para a comunidade o modelo que pretendem instalar para solucionar o problema de acúmulo de plásticos.

PARTE B: ATIVIDADE

Agora, você terá oportunidade de participar dessa discussão ao propor modelos para tentar resolver o problema de acúmulo de plásticos baseado na reciclagem desses materiais. Esse problema, como discutimos em aulas anteriores, é de ordem mundial. Durante a elaboração de seu modelo, é importante que você considere e justifique todos os aspectos que achar importantes e necessários para a elaboração do mesmo. Além disso, você deve apresentar e justificar como esse modelo irá impactar (positiva e negativamente) a comunidade. Tudo deve estar contido em seu modelo.

1. Escolha o objeto plástico (sacola, carcaça de TV ou pneu) para ser reciclado.
 - a. **Por que** você escolheu esse objeto para ser reciclado?
 - b. Você poderia escolher outro objeto? **Por quê?**

2. Construa um modelo para tentar resolver o problema de acúmulo de plásticos a partir da reciclagem desses materiais (considerando o objeto que você escolheu na **questão 1**). Seu modelo deve conter todos os aspectos que considerar relevantes para solucionar o problema.

3. Quais aspectos você considerou para elaborar seu modelo? **Por quê?**

4.
 - a. Seu modelo possui algum(s) aspecto(s) que você não consegue representar?
 - b. **Qual(is)?**
 - c. **Por que** não foi possível representar tal (tais) aspecto(s)?

Atividade 11 – Seu modelo resolve o problema do acúmulo de plásticos?

Agora, você terá a oportunidade de testar seu modelo elaborado para tentar resolver o problema de acúmulo de plásticos baseado na reciclagem visando analisar em que extensão ele satisfaz os objetivos para os quais foi elaborado.

1. O seu modelo é capaz de explicar o gasto monetário envolvido no processo de reciclagem desse objeto plástico. Em caso afirmativo, **como?**
2. O seu modelo considera a possibilidade de geração de empregos para a comunidade durante o processo de reciclagem desse objeto plástico? Em caso afirmativo, **como?**
Quais as consequências disso?
3. O seu modelo é capaz de explicar os impactos ambientais (positivos e negativos) envolvidos tanto no processo de reciclagem desse objeto plástico quanto na utilização do produto obtido a partir desse processo? Em caso afirmativo, **como?**
4. Como você convenceria os integrantes dos outros grupos de que seu modelo é mais adequado para explicar os aspectos presentes nas **questões 1, 2 e 3**.
5. Em caso de resposta **negativa** às **questões 1, 2 e 3** (ou a alguma delas), reformule o modelo de forma que, com ele, você consiga explicar tais aspectos.
 - a. Registre seu novo modelo.
 - b. Como o novo modelo é capaz de explicar os aspectos que seu modelo anterior não explicava?
 - c. Como você convenceria os outros grupos de que seu novo modelo é mais adequado para explicar os aspectos presentes nas **questões 1, 2 e 3**?

Atividade 12 – Segunda Assembleia Geral: Novos Desafios

Leia o trecho abaixo, que consiste na continuação do texto inicial. Em seguida, responda as questões.

15 dias depois...

(Diretora, confiante) – *Então, pessoal, como foram as pesquisas?*

(Aluna, desanimada) – *Nada bem... Descobrimos várias desvantagens para o processo de reciclagem. Sem falar que ele não pode ser utilizado para materiais termofixos.*

(Morador, surpreso) – *Termofixo? O que é isso?*

(Aluno, tentando ser claro) – *Existem dois tipos de plástico. Os termoplásticos, que podem ser reciclados; e os termofixos, que não podem. A sacola é termoplástica, mas as carcaças de TV e os pneus, celulares e computadores (carcaças) são termofixos.*

(Funcionária da Zoonose, tentando valorizar a ideia inicial dos estudantes) – *Mas se a reciclagem servir para as sacolas já será de grande ajuda, meninos!*

(Aluna, desanimada) – *Sim, mas o próprio processo de reciclagem pode ser muito complicado. Gera muitos resíduos, consome muita água e energia, as máquinas são caras e precisamos de cursos para conseguir realizar o processo. Ou seja, não conseguiremos se não tivermos apoio do governo ou de alguma empresa especializada.*

Todos estavam cabisbaixos, pois achavam que os estudantes trariam boas notícias. Ficaram pensativos, até que o representante da COPASA se levantou e disse:

(Representante da COPASA, aflito) – *Não vamos desistir de resolver o problema por causa desse obstáculo! Vamos lá pessoal! O que mais podemos fazer?*

A partir da leitura do trecho e considerando o que discutimos na atividade anterior, percebemos que a reciclagem, apesar de suas vantagens, possui algumas desvantagens. Então, vamos pensar: O que mais podemos fazer?

Para começarmos a pensar, responda as seguintes questões:

1. Quais as vantagens do processo de reciclagem? **Por que** elas são vantagens?
2. Quais as desvantagens do processo de reciclagem? **Por que** elas são desvantagens?
3. Quando podemos usar a reciclagem? **Por quê?**
4. A reciclagem resolveu o problema levantado na assembleia? **Por quê?**
5. Há alguma maneira de modificar o seu modelo para que ele seja a solução do problema levantado na assembleia? **Se sim, como? Se não, por quê?**
6. Que outras soluções a comunidade poderia utilizar para o acúmulo de sacolas, carcaça de TV e pneu? **Como? Por quê?**

Atividade 13 – Uma proposta

Elabore um documento escrito, endereçado à diretora da escola mencionada no texto, descrevendo como a comunidade poderia resolver o problema do acúmulo de plásticos, considerando todas as soluções possíveis, todos os objetos plásticos presentes e todos os aspectos sociais, econômicos, ambientais e éticos já discutidos nesta atividade e na anterior. Seu texto deve conter também justificativas relacionadas aos principais aspectos de sua proposta.