

Universidade Federal de Minas Gerais

Faculdade de Educação

Marina Rodrigues Martins

Elaboração e aplicação de uma ferramenta para  
análise do diálogo em sala de aula: Um estudo em  
Atividades de Ensino Fundamentado em Modelagem  
nos contextos cotidiano, científico e Sociocientífico

Belo Horizonte

2020

Marina Rodrigues Martins

Elaboração e aplicação de uma ferramenta para  
análise do diálogo em sala de aula: Um estudo em  
Atividades de Ensino Fundamentado em Modelagem  
nos contextos cotidiano, científico e Sociocientífico

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação da  
Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas  
Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de  
Doutor em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação e Ciências

Orientadora: Profa. Dra. Rosária Justi

Belo Horizonte

2020

M386e  
T

Martins, Marina Rodrigues, 1987-

Elaboração e aplicação de uma ferramenta para análise do diálogo em sala de aula [manuscrito] : um estudo em atividades de ensino fundamentado em modelagem nos contextos cotidiano, científico e sociocientífico / Marina Rodrigues Martins. - Belo Horizonte, 2020.

339 f. : enc, il.

Tese -- (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

Orientadora: Rosaria da Silva Justi.

Bibliografia: f. 305-318.

Apêndices: f. 319-339.

1. Educação -- Teses. 2. Teoria do Diálogo -- Teses. 3. Pensamento crítico -- Teses. 4. Discussões e debates -- Teses. 5. Análise do diálogo -- Teses. 6. Diálogos -- Aspectos educacionais -- Teses. 7. Raciocínio baseado em casos -- Teses. 8. Aprendizagem por atividades -- Teses. 9. Raciocínio -- Estudo e ensino (Ensino médio) -- Teses. 10. Lógica -- Estudo e ensino (Ensino médio) -- Teses. 11. Silogismo -- Estudo e ensino (Ensino médio) -- Teses. 12. Química -- Estudo e ensino (Ensino médio) -- Teses. 13. Química -- Estudo e ensino (Ensino médio) -- Meios auxiliares -- Teses. 14. Química -- Métodos de ensino -- Teses.

I. Título. II. Justi, Rosaria da Silva. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 540.7

**Catálogo da Fonte : Biblioteca da FaE/UFMG (Setor de referência)**

Bibliotecário: Ivanir Fernandes Leandro CRB: MG-002576/O



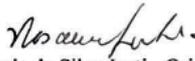
## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Análise da Argumentação de Estudantes em Atividades de Ensino Fundamentado em Modelagem nos Contextos Cotidiano, Científico e Sociocientífico**

### MARINA RODRIGUES MARTINS

Tese 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 Doutor em EDUCAÇÃO - CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2020, pela banca constituída pelos membros:

  
Prof(a). Rosaria da Silva Justi - Orientador  
UFMG

  
Prof(a). Fabrizio Macagno  
Universidade Nova de Lisboa

  
Prof(a). Lúcia Helena Sasseron  
USP

  
Prof(a). Poliana Flávia Maia  
UFV

  
Prof(a). Ana Paula Souto Silva Teles  
UFMG

Belo Horizonte, 28 de fevereiro de 2020.

*Dedico esta tese a Deus e a todos aqueles que participaram de maneira direta e indireta do processo de sua construção.*

## AGRADECIMENTOS

Agradecer é para mim tão importante quanto o processo que vivenciei ao construir esta tese. Tenho clareza que meu desenvolvimento enquanto ser humano e profissional apenas acontece(u) em virtude de vários (des)encontros que Deus, em sua magnitude, me proporciona(ou), sejam eles difíceis, fáceis, felizes ou não. Provavelmente não me recordarei de todas as pessoas que contribuíram durante esta etapa de minha vida, mas espero que elas se sintam agradecidas a partir do que escrevi nestas linhas. Agradeço:

À minha orientadora Rosária, pelos seis anos dedicados à minha formação como pesquisadora. Obrigada por todas as oportunidades de aprendizagem, por todos os puxões de orelha, pelo tempo dedicado a mim. Você nunca mediu esforços para formar pesquisadores que realmente pudessem contribuir para a área de Educação em Ciências. Agradeço a você também por ter me ajudado em momentos difíceis de minha vida pessoal. Sempre serei eternamente grata a você.

A cada membro que participa(ou) do Grupo de Pesquisa REAGIR – Modelagem e Educação em Ciências. Cada um de vocês contribui(u) de tantas formas diferentes para minha formação que seria impossível descrever todas elas aqui.

À Laura e à Monique pelo esforço e carinho dedicados ao longo dos processos de elaboração da unidade didática e de coleta de dados. Para mim, esses processos se tornaram mais leves e alegres com a presença de vocês duas.

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.

Ao professor Fabrizio Macagno, por ter me recebido em Portugal, pelas longas discussões que tivemos sobre as suas ideias, as nossas e as de Douglas Walton, assim como pelas oportunidades profissionais que me ofereceu enquanto estive no país do bacalhau, do vinho verde, das enormes azeitonas e dos lindos miradouros. Agradeço também às suas alunas Adriana, Beatriz, Dilar e Maria e à sua esposa Chrysi, por terem me acolhido quando estive por aquelas terras.

À Paula Mendonça, pelos aprendizados que me proporcionou ao longo desses dez anos de convivência. Agradeço a sua amizade e confiança, assim como as várias conversas, os conselhos e os momentos de reflexão que compartilhamos durante esses anos.

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. Em especial, gostaria de agradecer à professora Danusa Munford, pelas valiosas reflexões sobre aspectos metodológicos, que contribuíram para que eu repensasse alguns posicionamentos que havia adotado durante a pesquisa, e ao Gilson, pela gentileza e disponibilidade.

Ao Lucas, pelo suporte e amor incondicional que tem me dado ao longo desses oito anos juntos. Sou eternamente grata por tudo que fez e tem feito por mim e por nós.

À minha família, pelo apoio e torcida. Em especial, gostaria de agradecer à minha irmã Juliana, por ter se tornado elo de nossa família e um exemplo de vida para mim. Você sempre me disse que se espelhava em mim, mas se sou o que sou hoje, é porque me inspiro diariamente em sua força e fé!

À Letieri, Lorraine, Talita e ao Lucas e Luiz, pela amizade. Obrigada pelas conversas, conselhos e pelos momentos tão agradáveis que vivenciamos ao longo desses anos.

Aos meus ex-alunos e colegas de profissão, por terem me ensinado tanto ao longo dos quatro anos em que atuei na Educação Básica. Em especial, gostaria de agradecer aos meus ex-alunos por terem acreditado e se engajado em cada uma de minhas inúmeras propostas de atividades diferenciadas.

Aos membros titulares da banca, Ana Paula Souto, Fabrizio Macagno, Lúcia Sasseron, Poliana Maia, que gentilmente aceitaram o convite de dividirem comigo suas perspectivas e contribuições sobre meu trabalho.

Aos membros suplentes da banca, Danusa Munford e Luiz Franco pela gentileza em aceitarem ser leitores deste trabalho.

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

A todos aqueles que, de alguma maneira, estiveram presentes ao longo dessa etapa junto comigo, meu muito obrigada!

*"Sou feita de retalhos.*

*Pedacinhos coloridos de cada vida que passa pela minha e que vou costurando na alma.*

*Nem sempre bonitos, nem sempre felizes, mas me acrescentam e me fazem ser quem eu sou.*

*Em cada encontro, em cada contato, vou ficando maior...*

*Em cada retalho, uma vida, uma lição, um carinho, uma saudade...*

*Que me tornam mais pessoa, mais humana, mais completa.*

*E penso que é assim mesmo que a vida se faz: de pedaços de outras gentes que vão se tornando parte da gente também.*

*E a melhor parte é que nunca estaremos prontos, finalizados..."*

Cris Pizzimenti.

## RESUMO

Pesquisas da área de Educação em Ciências têm apontado que o ensino fundamentado em práticas científicas pode favorecer aos alunos aprender Ciências e *sobre* Ciências, assim como fazer Ciências de maneira efetiva. Contudo, poucas pesquisas empíricas investigaram as contribuições da integração das práticas científicas de argumentar e modelar para tais aprendizagens. Ademais, pesquisas relacionadas à argumentação geralmente investigam o produto desta prática. Tais pesquisas frequentemente usam questionários e/ou entrevistas antes e após os alunos terem vivenciado uma intervenção. Algumas delas usam evidências do processo para dar suporte aos resultados obtidos no pós-teste, mas sem analisar o processo profundamente. Por isso, inferimos que as possíveis controvérsias sobre as contribuições da argumentação para a aprendizagem de e sobre Ciências em diferentes contextos podem estar relacionadas a aspectos metodológicos. Para o conhecimento avançar, pesquisas também devem investigar o processo de argumentação. Para tanto, uma das opções pode ser a criação e utilização de ferramentas fundamentadas em aspectos da teoria do diálogo que visam analisar o processo argumentativo no qual se envolvem alunos e professores em diferentes contextos. Neste estudo, investigamos a argumentação de alunos em situações de ensino de Ciências fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico a partir de uma nova ferramenta fundamentada em aspectos da teoria do diálogo. Para isso, uma unidade didática constituída por três grupos de atividades de modelagem foi aplicada em duas turmas regulares de Química. A coleta de dados envolveu registro em áudio e vídeo de todas as aulas, observação participante da pesquisadora, notas de campo e coleta de artefatos. Após a seleção de dois grupos de alunos e da interação intensa com os dados obtidos a partir das múltiplas fontes, foi redigido um estudo de caso. Para a análise dos dados, foi utilizada a nova ferramenta analítica. A realização desse estudo contribuiu para a proposição e avaliação de uma nova ferramenta para analisar dados obtidos em contextos regulares de ensino, e para discutir mais profundamente as relações entre argumentação e a participação dos alunos em atividades de modelagem envolvendo diferentes contextos. Implicações para a pesquisa e o ensino relacionadas à utilização da nova ferramenta na análise de situações argumentativas e às atividades de modelagem são apresentadas.

**Palavras-chave:** Argumentação. Teoria do Diálogo. Ensino de Ciências por investigação. Ensino fundamentado em modelagem. Ensino de Química. Ensino médio.

## ABSTRACT

Studies in Science Education have emphasised the contributions of scientific practices-based teaching to students' learning of science, about science, and how to do science. However, few empirical studies investigate the contributions of integrating scientific practices like argumentation and modelling to students' learning. Furthermore, in general, studies about argumentation are focused on its products. Such studies usually use questionnaires and/or interviews before and after students' participation in an intervention. Some of these studies use evidence of the process to support results obtained by the post-test. However, the argumentative process is not analysed deeply. Therefore, we inferred that the possible controversies about the contributions of argumentation for learning science and about science in different contexts could be related to methodological aspects. In order to contribute to knowledge in the area, studies that also investigate the argumentative process are necessary. In order to do so, one of the options may be the creation and use of tools based on aspects of the dialogue theory that aim to analyse students and teachers' argumentation in different contexts. In this study, we investigated students' argumentation in modelling-based teaching situations involving ordinary, scientific, and socio-scientific contexts from a new tool based on aspects of the dialogue theory. One didactic unit consisting of three sets of modelling activities was applied in two regular Chemistry classes. Data collection involved audio and video recording of all classes, the researcher's participant observation, field notes, and register of the artefacts produced by the students. After the selection of two groups of students and intense interaction with the data gathered from multiple sources, a case study was drawn up. The new tool was used for analysing the data. The contributions of this study involve the production and application of a tool to analyse data gathered in regular teaching contexts, and to support further discussions about the relationships between argumentation and student participation in modelling activities involving different contexts. Implications to science teaching and research related to the use of the new tool in the analysis of argumentative situations are presented.

**Keywords:** Argumentation. Dialogue theory. Inquiry-based teaching. Modelling-based teaching. Chemistry teaching. High school.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama Modelo de Modelagem v2. ....	40
Figura 4.1. Disposição dos grupos e posição das câmeras durante as aulas da turma 301..	96
Figura 4.2. Disposição dos grupos e posição das câmeras durante as aulas da turma 302..	97
Figura 6.1. Representação do modelo de funcionamento da máquina de refrigerante proposto pelo G3. ....	144
Figura 6.2. Representação do modelo de funcionamento da máquina de refrigerante proposto pelo G6. ....	146
Figura 6.3. Modelo concreto proposto pelo G3 para explicar o comportamento observado para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la. ....	169
Figura 6.4. Modelo concreto proposto pelo G6 para explicar o comportamento observado para a sacola de supermercado quando submetida à tentativa de dobrá-la. ....	170
Figura 6.5. Modelo concreto proposto pelo G6 para explicar o comportamento observado para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la. ....	173
Figura 6.6. Modelo concreto proposto pelo G6 para explicar o comportamento observado para a sacola de supermercado quando submetida à tentativa de dobrá-la. ....	174
Figura 6.7. Modelo concreto reformulado pelo G3 para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la e ao aquecimento direto. ....	183
Figura 6.8. Modelo concreto reformulado pelo G6 para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la e ao aquecimento direto. ....	186
Figura 6.9. Modelo concreto proposto pelo G3 para explicar os comportamentos observados para o pneu quando submetido à tentativa de dobrá-lo e ao aquecimento indireto e direto. ....	194
Figura 6.10. Modelo concreto reformulado pelo G6 para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la e ao aquecimento indireto e direto v.2. ....	196
Figura 6.11. Modelo concreto reformulado pelo G6 para explicar os comportamentos observados para o pneu quando submetido à tentativa de dobrá-lo e ao aquecimento indireto e direto. ....	196

Figura 6.12. Representações para a analogia utilizada a) sobre as interações na sacola de supermercado; b) sobre as ligações na carcaça de TV; e c) sobre as ligações e interações presentes no pneu. ....198

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 6.1. Frequência de situações argumentativas nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 3. ....	250
Gráfico 6.2. Frequência de situações argumentativas nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 6. ....	251
Gráfico 6.3. Frequência de tipos de diálogos nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 3. ....	256
Gráfico 6.4. Frequência de tipos de diálogos nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 6. ....	257
Gráfico 6.5. Frequência de tipos de movimentos dialógicos nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 3. ....	259
Gráfico 6.6. Frequência de tipos de movimentos dialógicos nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 6. ....	260
Gráfico 6.7. Frequência de aspectos estruturais da argumentação nos movimentos dialógicos persuasivo e persuasivo de disputa nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 3. ....	268
Gráfico 6.8. Frequência de aspectos estruturais da argumentação nos movimentos dialógicos persuasivo e persuasivo de disputa nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 6. ....	269
Gráfico 6.9. Frequência de relevância das movimentações dialógicas nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 3.....	271
Gráfico 6.10. Frequência de relevância das movimentações dialógicas nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 6.....	272

Gráfico 6.11. Frequência de intervenções das pesquisadoras e professora nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico. vivenciadas pelos grupos 3 e 6. ....	274
Gráfico 6.12. Frequência de contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 3. ....	276
Gráfico 6.13. Frequência de contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 6. ....	277

## LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1. Tipologias de movimentações dialógica e sua descrição.....	103
Quadro 4.2. Escala de avaliação de relevância para movimentações dialógicas. ....	107
Quadro 5.1. Objetivos dos tipos de diálogos na nova ferramenta.....	119
Quadro 5.2. Critérios de identificação da natureza de movimentos dialógicos. ....	121
Quadro 5.3. Critérios e definições da natureza estrutural de movimentos dialógicos persuasivo e persuasivo de disputa.....	127
Quadro 5.4. Critérios e descrições para análise da relevância dos movimentos dialógicos. .....	129
Quadro 5.5. Categorias descritivas para análise da contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas. ....	133
Quadro 6.1. Códigos utilizados nas transcrições das falas apresentadas no estudo de caso com seus respectivos significados. ....	138
Quadro 6.2. Registro da identificação do objeto, quantidade utilizada, finalidade do uso e destino após utilização do G3. ....	160
Quadro 6.3. Registro da identificação do objeto, quantidade utilizada, finalidade do uso e destino após utilização do G6. ....	161
Quadro 6.4. Previsões antes da tentativa de dobrar os objetos.....	163
Quadro 6.5. <i>Observações após tentativa de dobrar os objetos</i> .....	163
Quadro 6.6. Previsões antes da tentativa de dobrar os objetos.....	164
Quadro 6.7. <i>Observações após tentativa de dobrar os objetos</i> .....	164
Quadro 6.8. Previsões relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento. ....	176
Quadro 6.9. Previsões relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento. ....	177
Quadro 6.10. <i>Observações relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento</i> .....	179
Quadro 6.11. <i>Observações relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento</i> .....	180

Quadro 6.12. Previsões relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento.....	190
Quadro 6.13. Previsões relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento.....	191
Quadro 6.14. Observações relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento indireto e direto. ....	192
Quadro 6.15. Observações relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento indireto e direto. ....	195

## LISTA DE SIGLAS

EC - Estudo de Caso

ERIC - Education Resources Information Center

IC - Iniciação Científica

NdC - Natureza da Ciência

TAP - Toulmin's Argument Pattern

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UNESCO - The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
1.2 Estrutura do texto preliminar da tese .....	27
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>29</b>
2.1 Considerações iniciais sobre o ensino e aprendizagem em Ciências..	29
2.2 O ensino fundamentado em modelagem e suas contribuições para o ensino de Ciências .....	38
2.3 Argumentação na Educação em Ciências .....	48
2.4 Referencial teórico de argumentação .....	61
2.4.1 Apresentação do referencial teórico de van Eemeren e Grootendorst e análise crítica de seu uso na Educação em Ciências.....	62
2.4.2 Apresentação do referencial teórico de Walton e análise crítica de seu uso no contexto de Educação em Ciências .....	67
2.4.3 Justificativa da seleção do referencial teórico de argumentação para esta pesquisa .....	74
<b>3. QUESTÕES DE PESQUISA .....</b>	<b>76</b>
<b>4. ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....</b>	<b>79</b>
4.1 Abordagem metodológica .....	79
4.2 Contexto da pesquisa .....	80
4.3 Contexto da coleta de dados.....	81
4.3.1 Características das pesquisadoras que realizaram a coleta de dados .....	81
4.3.2 Seleção e características da escola em que ocorreu a coleta de dados.....	82
4.3.3 Seleção e características da professora que participou da pesquisa .....	83
4.3.4 Seleção da série escolar e características das turmas que participaram da coleta de dados .....	84
4.4 Coleta de dados .....	85
4.4.1 Desenvolvimento das atividades que compõem a unidade didática “Química, Plásticos e Sociedade: Modelagem em Ação” .....	85

4.4.2	Caracterização da unidade didática “Química, Plásticos e Sociedade: Modelagem em Ação” .....	91
4.4.3	Procedimentos éticos .....	95
4.4.4	Panorama da coleta de dados.....	95
4.4.5	Instrumentos de coleta de dados.....	97
<b>4.5</b>	<b>Análise dos dados.....</b>	<b>99</b>
4.5.1	Trajetória do desenvolvimento da nova ferramenta analítica .....	99
4.5.2	Apresentação e análise das ferramentas fundamentadas em aspectos da teoria de Walton para analisar o diálogo .....	100
4.5.3	Processo de tratamento de dados .....	110
4.5.4	Estudo de caso qualitativo .....	111
4.5.5	Análise de dados.....	114
<b>5.</b>	<b>RESULTADO TEÓRICO .....</b>	<b>116</b>
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS EMPÍRICOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>138</b>
<b>6.1</b>	<b>Estudo de caso .....</b>	<b>138</b>
6.1.1	Atividades de ensino fundamentado em modelagem em contexto científico .....	139
6.1.2	Atividades que subsidiaram outras atividades de modelagem .....	156
6.1.3	Modelagem em contexto científico .....	162
6.1.4	Modelagem em contexto sociocientífico .....	198
<b>6.2</b>	<b>Análise do estudo de caso.....</b>	<b>222</b>
6.2.1	Exemplos de aplicação da ferramenta para analisar os dados do estudo de caso .....	222
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>280</b>
7.1	Como aspectos da teoria do diálogo podem ser utilizados na elaboração de uma ferramenta para analisar o processo de argumentação em situações de ensino de Ciências por investigação? .....	282

7.2 Como os estudantes argumentam em situações de ensino de Ciências fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico? .....	288
7.3 Existem diferenças na argumentação de estudantes quando eles participam de situações de ensino de Ciências fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico? Em caso afirmativo, quais são elas? .....	290
7.4 Que relações podem ser estabelecidas entre a natureza de cada situação de ensino fundamentado em modelagem e a argumentação dos estudantes? .....	292
7.5 Que relações podem ser estabelecidas entre as atividades de modelagem e a argumentação dos estudantes? .....	295
7.6 Quais são as abrangências e as limitações da ferramenta quando utilizada na análise de situações de ensino de Ciências por investigação? .....	298
7.7 Considerações sobre as conclusões .....	302
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	303
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	305
APÊNDICE 1 .....	319
Atividade 1 – Construindo o conhecimento de uma maneira diferente ..	319
Atividade 2 – Testando nossos modelos .....	320
Atividade 3 – Utilizando o modelo em outra situação .....	321
Atividade 4 – O papel das representações .....	322
Atividade 5 – Pensando sobre os plásticos .....	324
Atividade 6 – Características de diferentes objetos plásticos .....	325
Atividade 7 – Tentando explicar os comportamentos de diferentes objetos plásticos .....	326
Atividade 8 – Testando nossos modelos .....	327
Atividade 9 – Utilizando os nossos modelos em outra situação .....	329
Atividade 10 – Tentando resolver o problema do acúmulo de plásticos	331

Atividade 11 – Seu modelo resolve o problema do acúmulo de plásticos? .....	336
Atividade 12 – Segunda Assembleia Geral: Novos desafios.....	337
Atividade 13 – Uma proposta .....	339

## 1. INTRODUÇÃO

Para que você, leitor, possa compreender mais profundamente como cheguei<sup>1</sup> até aqui é importante que você conheça um pouco sobre a minha trajetória acadêmica-profissional.

O meu desejo por me dedicar à área da Educação em Ciências/Química surgiu quando a professora Paula Mendonça, do curso de Licenciatura em Química, despertou em mim a paixão pela pesquisa quando me concedeu a oportunidade de fazer Iniciação Científica. Foi também nesta oportunidade que tive o imenso prazer de conhecer a argumentação e suas potencialidades para área da Educação em Ciências, assim como o referencial de Douglas Walton.

Durante a Iniciação Científica (IC), investiguei como professores em formação inicial argumentam a partir do referencial de Walton (2006) (Martins *et al.*, 2016), que é pouco utilizado em nossa área (Erduran e Jiménez-Aleixandre, 2008). Essa pesquisa se justificou a partir da consideração de que é essencial que professores compreendam o processo de argumentação e se engajem em atividades argumentativas para favorecer esta prática científica, a qual tem mostrado contribuições para a aprendizagem *de e sobre* Ciências, bem para como o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao pensamento crítico (por exemplo, Kelly *et al.*, 1998; Patronis *et al.*, 1999; Driver *et al.*, 2000; Kelly e Takao, 2002; Zohar e Nemet, 2002; Erduran *et al.*, 2004; Sandoval e Millwood, 2005; Erduran, 2008; Venville e Dawson, 2010). No entanto, até aquele momento e, de fato, ainda hoje, existem poucos trabalhos em que os professores planejam e/ou conduzem situações de ensino envolvendo argumentação científica e/ou sociocientífica usando o referencial de Walton *et al.* (2008) para avaliar a qualidade argumentativa do diálogo estabelecido em sala de aula (Ozdem *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2014).

---

<sup>1</sup> Optei por escrever o capítulo de introdução na primeira pessoa do singular para que você, leitor, tenha mais clareza ao acompanhar minha trajetória acadêmica-profissional interagindo de forma mais dialógica. Nos demais capítulos da tese, utilizo a primeira pessoa do plural, uma vez que minha voz é marcada por múltiplas vozes que contribuíram para o desenvolvimento desta tese. Em especial, as vozes de minha atual orientadora, de meus colegas de Grupo de Pesquisa e de profissão, de outros pesquisadores, de autores de artigos e livros com os quais tenho interagido em minha vida acadêmica-profissional.

Durante o desenvolvimento daquele trabalho (2012-2013), mais uma oportunidade me foi dada: ingressar no Grupo de Pesquisa “REAGIR – Modelagem e Educação em Ciências”, do qual me orgulho bastante de ser membro<sup>2</sup>. Naquela época, o Grupo estava desenvolvendo um projeto que tinha como objetivo geral promover o Ensino de Ciências numa perspectiva que integra uma visão ampla sobre Ciências, além da aprendizagem de, e a partir de, argumentação, modelagem e visualização. Fiquei bastante motivada com a proposta do projeto, principalmente com a possibilidade de investigar a integração entre Argumentação e Natureza da Ciência (NdC) e de trabalhar em conjunto com outros pesquisadores, estudantes (de Doutorado, Mestrado, Iniciação Científica) e professores da Educação Básica. Em função disso, fiz uma revisão da literatura visando compreender o estado da arte desses temas. Com base nesta, percebi que a relação entre Argumentação e Natureza da Ciência ainda era pouco explorada na área da Educação em Ciências (por exemplo, Bell e Lederman, 2003; Walker e Zeidler, 2004; Kenyon e Reiser, 2006; Sandoval e Millwood, 2008; McDonald, 2010; Khishfe, 2012) e que existiam controvérsias quanto à compreensão sobre os conhecimentos de NdC oferecerem suporte aos estudantes para se engajarem em argumentação ou o inverso, isto é, os estudantes desenvolverem uma compreensão sobre Ciências se estivessem envolvidos em argumentação (Osborne *et al.*, 2013). A partir desse complexo contexto, no meu trabalho de Mestrado busquei investigar as relações entre a argumentação de estudantes de Química do ensino médio em um contexto sociocientífico e suas visões sobre Ciências. Os dados empíricos que subsidiaram este trabalho foram coletados no âmbito do projeto do Grupo mencionado anteriormente.

Na dissertação de Mestrado, utilizei o referencial de Walton *et al.* (2008) para analisar a argumentação de estudantes do Ensino Médio. A escolha do referencial ocorreu em função de ele possibilitar investigar (i) estudantes que não são especialistas em

---

<sup>2</sup> Ao ser membro do Grupo REAGIR tive vários aprendizados tais como os de: (i) saber como trabalhar em grupo; (ii) desenvolver pensamentos críticos; (iii) fazer parcerias com diferentes membros do grupo; (iv) discutir diferentes temáticas, o que tem ampliado meus conhecimentos sobre área da Educação em Ciências; e (v) gerar contribuições para os trabalhos dos colegas. Além disso, ser parte desse Grupo tem me proporcionado participar de diferentes projetos que tendem a integrar interesses de todos os membros, e, ao mesmo tempo, abrir novas perspectivas de pesquisas. Isso tem contribuído não só para ampliar meus conhecimentos em diferentes temáticas, mas também para me motivar a investigar a relação entre argumentação e outras temáticas da área de Educação em Ciências.

argumentação, como foi o caso da amostra analisada, uma vez que os estudantes não estavam acostumados a se engajar em situações argumentativas; e (ii) a argumentação em contextos sociocientíficos, como foi o caso dos dados coletados. Além disso, tal referencial era coerente com o que foi utilizado para analisar as visões de NdC dos estudantes.

Apesar de esse referencial ter se mostrado viável para caracterizar os tipos de argumentos expressos por aqueles estudantes, bem como para compreender como eles construíram e organizaram argumentos em um contexto sociocientífico, ele é bastante complexo em função de possuir 60 categorias, que não apresentam definições bem delimitadas (Martins *et al.*, 2016).

Até aquele momento, não tinha tido acesso ao livro “Fundamentals of Critical Argumentation” de Walton, publicado em 2006. Nele, Walton descreve detalhadamente as ideias que utilizei na Dissertação utilizando o referencial como apresentado em Walton *et al.* (2008), bem como outras ideias que são fundamentais para subsidiar análises do discurso argumentativo, as quais dão suporte à análise do argumento e de outros enunciados argumentativos (questões e explicações), bem como de seu uso no diálogo. A partir do conhecimento daquele referencial e de avaliar que a maioria dos estudos que investiga a argumentação de estudantes e/ou professores centra sua análise no argumento e em sua estrutura, (isto é, analisa se ele possui conclusão, dados, garantia, apoio, qualificador e/ou refutador (por exemplo, Zohar e Nemet, 2002; Sandoval e Millwood, 2005; Simon *et al.*, 2006; Venville e Dawson, 2010; Mendonça e Justi, 2014)), decidi reanalisar os dados da dissertação visando compreender como os estudantes constroem e organizam seus raciocínios argumentativos em um diálogo argumentativo a partir das ideias apresentadas em Walton (2006); e discutir as vantagens e desvantagens dessa análise. Ao fazer isto, avalei que a classificação dos argumentos com base nas 60 categorias constituintes do referencial pouco ou nada contribuía para os objetivos do estudo.

Os resultados desse segundo estudo culminaram no desenvolvimento de uma nova ferramenta, que tem o objetivo de analisar os raciocínios argumentativos de estudantes. Tal ferramenta foi publicada recentemente no artigo “An instrument for analysing students’ argumentative reasoning when participating in debates” (Martins e Justi, 2019b).

Mas antes de eu discutir sobre o Doutorado, é também essencial que você saiba que entre o período de 2013 e 2017, trabalhei como professora concursada da rede pública estadual de ensino em uma escola que atendia estudantes de uma comunidade carente de Belo Horizonte. Isso significa que cursei meu Mestrado e a metade de meu Doutorado trabalhando.

A razão para assumir esse cargo não foi apenas financeira. Outro motivo foi pensar que lecionar Química para o Ensino Médio poderia contribuir para que eu desenvolvesse conhecimentos relacionados à ação docente como, por exemplo, elaborar e conduzir atividades que favorecessem a aprendizagem de conceitos químicos e *sobre* Ciências. Aquela também seria uma oportunidade de desenvolver habilidades cognitivas como as relacionadas a elaborar questões e definir problemas; elaborar e usar modelos; planejar e realizar investigações; analisar e interpretar dados; construir explicações e desenvolver soluções; engajar em argumentação sustentada por evidências; e avaliar e comunicar informações.

Tais conhecimentos poderiam gerar contribuições, por exemplo, para o processo de desenvolvimento de pesquisas científicas. Isso porque, como evidenciado por minha própria experiência, ao se compreender o ensino possível de ser conduzido em escolas públicas, isto é, a realidade de salas de aulas regulares, podemos avaliar de forma mais crítica como determinadas abordagens/estratégias de ensino podem ser exploradas, bem como os aspectos que devem ser considerados no planejamento e aplicação das mesmas.

As experiências no Ensino Básico foram importantes tanto no desenvolvimento de unidades didáticas utilizadas para coletar dados analisados em meus trabalhos de Mestrado e Doutorado quanto na aplicação das mesmas na escola. Assim, meu *ser professora* esteve sempre atrelado ao meu *ser pesquisadora*. Acredito que isto tenha contribuído para que eu tenha tido poucas dificuldades em desenvolver unidades didáticas e aplicá-las em salas de aula enquanto pesquisadora, assim como para que eu tenha conseguido, enquanto professora, mobilizar múltiplos recursos para favorecer a aprendizagem de meus estudantes, compreender a realidade em que atuei, responder reflexivamente aos problemas do dia-a-dia nas aulas e avaliar criticamente minhas próprias atuações, buscando

modificá-las a fim de favorecer um melhor ensino, que efetivamente favorecesse a aprendizagem dos estudantes (como discutido por Ludke *et al.*, 2001).

Em agosto de 2017, exonerei-me do cargo de professora da Educação Básica visando me dedicar exclusivamente ao Doutorado. A meu ver, isso poderia contribuir para que eu desenvolvesse mais profundamente habilidades importantes para minha formação enquanto pesquisadora, o que poderia implicar a construção de uma tese e de artigos de qualidade. Hoje, tenho convicção de que fiz a melhor escolha, pois no contexto do Doutorado vivi novas experiências e aprendizados que contribuíram não somente para meu amadurecimento profissional, mas também para meu amadurecimento pessoal.

Em fevereiro de 2016, algumas semanas depois de ter defendido minha dissertação de Mestrado que foi orientada pela professora Rosária Justi, iniciei o Doutorado no mesmo Programa de Pós-graduação e sob orientação da mesma professora. Tais opções foram feitas em função da qualidade do Programa (um dos poucos avaliados pela Capes com nota 7 na área de Educação) e pelo desejo de buscar aprofundar alguns aspectos estudados no Mestrado, em específico, os teórico-metodológicos da argumentação.

No Doutorado, tinha intenção de investigar como estudantes de Química do ensino médio constroem e organizam seus raciocínios argumentativos em situações argumentativas ocorridas a partir da participação em atividades de modelagem em diferentes contextos. O objetivo mais amplo da pesquisa era compreender as contribuições da integração de práticas científicas de argumentação e modelagem para o desenvolvimento da argumentação dos estudantes – aspecto que ainda é pouco investigado em nossa área.

Para a análise de dados, a ferramenta recentemente publicada (Martins e Justi, 2019b) seria utilizada, o que poderia gerar discussões sobre suas contribuições e limitações para compreender como estudantes, que não são especialistas em argumentação, constroem e organizam seus raciocínios argumentativos em distintas situações de ensino fundamentadas em modelagem.

No entanto, a partir do ano de 2018, a minha pesquisa mudou bastante, principalmente em virtude de novas parcerias que foram estabelecidas e experiências que influenciaram significativamente no desenvolver da mesma. Atualmente, seu objetivo mais

amplo é construir e aplicar uma nova ferramenta para analisar a argumentação em contextos de ensino de Ciências por investigação, em específico, nos contextos de ensino de Ciências fundamentado em modelagem. A partir disso, discutir aspectos relacionados à integração de práticas científicas de argumentação e modelagem para o desenvolvimento da argumentação dos estudantes, assim como para a construção de conhecimentos por estes.

Em 2018, tive a oportunidade de realizar um estágio de doutoramento sanduíche com o professor Dr. Fabrizio Macagno, principal colaborador de Douglas Walton, que atualmente é professor na Universidade Nova de Lisboa<sup>3</sup>. A opção de realizar o estágio com o professor Dr. Fabrizio Macagno foi feita em função de Douglas Walton estar aposentado e não receber mais alunos. Além disto, tanto eu quanto o Dr. Fabrizio Macagno temos buscado avançar as ideias de Walton ao utilizá-las em contexto de ensino (como evidenciado por Konstantinidou e Macagno, 2013; Macagno e Konstantinidou, 2013; Macagno *et al.*, 2015; Mayweg-Paus *et al.*, 2015; Martins *et al.*, 2016; Martins e Justi, 2019b).

Essa parceria foi muito importante para mim, pois contribuiu para o desenvolvimento de uma nova ferramenta, utilizada para analisar os dados desta tese, assim como para o estreitamento de relações acadêmicas com o professor Dr. Fabrizio Macagno e outros membros estrangeiros de seu Grupo de Pesquisa. Tal estreitamento ocorreu, de maneira especial, a partir de workshops, conferências, colóquios e cursos de curta duração.

Um dos resultados mais significativos da participação em uma das conferências foi conhecer o professor Dr. Douglas Walton. Naquela oportunidade, pude apresentar um pouco de meu trabalho e discutir dúvidas que apresentava sobre algumas de suas ideias. Tal discussão contribuiu para que eu avaliasse se estava utilizando adequadamente suas ideias para desenvolver a nova ferramenta.

Além disso, a partir dessa parceria, minha orientadora e eu recebemos o convite para participar de um número especial do periódico *Learning, Culture and Social Interaction*

---

<sup>3</sup> Tal estágio foi custeado por mim mesma, uma vez que, inexplicavelmente, nos últimos anos, tanto a CAPES quanto o CNPq têm dificultado enormemente a concessão de bolsas de doutoramento sanduíche para Portugal.

com o artigo *Analysis of the relations between students' argumentation and their views on nature of science*, que foi recentemente publicado online.

Foram em oportunidades como estas e outras que percebi a beleza do *fazer Ciências* e enxerguei o meu eu profissional e pessoal se transformando.

Faço um convite a você, leitor, para que conheça minha pesquisa, um pouco do processo que vivenciei, das decisões fundamentadas que tomei ao longo da mesma e dos novos conhecimentos que produzi argumentando.

A seguir apresento a estrutura do texto desta tese.

## 1.2 Estrutura do texto preliminar da tese

No capítulo 2, *Revisão da Literatura*, apresento as discussões que podem contribuir para que o leitor compreenda:

- o significado de aprendizagem adotado neste estudo;
- as possíveis contribuições do Ensino por Investigação e da integração das práticas científicas para a Educação em Ciências;
- as perspectivas de ensino fundamentado em modelagem e argumentação utilizadas neste estudo; e
- as lacunas e/ou controvérsias relacionadas a estas duas perspectivas na área da Educação em Ciências.

No capítulo 3, *Questões de Pesquisa*, apresento os objetivos que busquei investigar neste trabalho de Doutorado.

Na sequência, no capítulo 4, *Aspectos Metodológicos da Pesquisa*, abordo detalhadamente 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, *Resultado Teórico*, apresento o resultado de natureza teórica desta tese: a construção de uma nova ferramenta para analisar os dados desta tese.

No sexto capítulo, *Resultados Empíricos e Discussões*, apresento e discuto os resultados de natureza empírica alcançados ao longo dessa pesquisa.

No sétimo capítulo, apresento as conclusões para cada questão pesquisa que busquei responder neste estudo.

No último capítulo, apresento as contribuições e implicações desta pesquisa para o ensino e para a pesquisa.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Considerações iniciais sobre o ensino e aprendizagem em Ciências

O objetivo da Educação em Ciências, que tem sido proposto no Brasil (Brasil, 2018) e no exterior (por exemplo, NRC, 2012), é contribuir para a formação de cidadãos alfabetizados cientificamente<sup>4</sup>.

A nosso ver, para que esse objetivo seja atingido, os estudantes devem compreender conceitos básicos de Ciências, saber articulá-los e operá-los, assim como entender que a Ciência é um construto humano que influencia e é influenciada por diversas dimensões de nossa sociedade, como, por exemplo, política, econômica, histórica, social etc. (Hodson, 1992; Sandoval, 2005; Osborne, 2014). Em outras palavras, o ensino de Ciências deve favorecer aos estudantes oportunidades de:

- i. *aprender Ciências*, isto é, compreender os conceitos científicos relevantes para o sujeito se posicionar criticamente na sociedade, se e quando necessário;
- ii. *aprender sobre Ciências*, isto é, compreender as questões da filosofia, história e metodologia da ciência e;
- iii. *aprender a fazer Ciências*, isto é, engajar-se em atividades análogas àquelas que os cientistas participam no desenvolvimento do conhecimento científico, que os levem tanto à aquisição de conhecimentos científicos quanto à aprendizagem das práticas científicas (Hodson, 1992).

Para que tais conhecimentos sejam aprendidos e desenvolvidos pelos estudantes, é importante que o processo de ensino e aprendizagem seja sócio-histórico-cultural. Ou seja, para que os estudantes construam significados e aprendam é interessante que eles sejam engajados em processos dialógicos, assim como inseridos em uma cultura, por exemplo, a da ciência, pois, à medida que isso acontece, os estudantes podem se apropriar das ferramentas culturais por meio das atividades dessa cultura (Vygotsky, 1986; Driver *et al.*, 1999).

---

<sup>4</sup> 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.

Concordamos com Vygotsky (1986) quando ele defende que, para os estudantes terem uma aprendizagem significativa, é essencial que eles sejam colocados em situações-problema que necessariamente requeiram o auxílio de um outrem para serem solucionadas. Isso pode contribuir para que eles sejam motivados a desenvolver seu pensamento; atinjam novos níveis de aprendizagem e consigam solucionar tarefas difíceis que, sozinhos, eles não conseguiriam, apesar de possuírem potencialidade de realizá-las.

Nessa perspectiva, os estudantes devem ser envolvidos em problemas autênticos no Ensino de Ciências, bem como, a partir de tais problemas, serem introduzidos nas práticas científicas, pois assim, eles poderão ter oportunidades de *aprender Ciências, sobre Ciências e fazer Ciências*. Por outro lado, o professor não deve atuar como fornecedor de informações, mas sim como o mediador do processo de aprendizagem. Isso pode favorecer aos estudantes ser capazes de operar social e ativamente com os conhecimentos, construindo significados, não sendo apenas reprodutores ou consumidores de conhecimentos e informações produzidas por outros.

Segundo Driver *et al.* (1999), a aprendizagem de Ciências

“envolve a introdução das crianças e adolescentes a uma forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo; tornando-se socializado, em maior ou menor grau, nas práticas da comunidade científica, com seus objetivos específicos, suas maneiras de ver o mundo e suas formas de dar suporte às assertivas do conhecimento” (p. 36).

Considerando a perspectiva sócio-histórico-cultural, o processo de aprendizagem de conhecimentos científicos, sociais e sociocientíficos pelos estudantes não ocorre de maneira direta entre os planos social e individual, mas sim por meio da necessária interpretação pessoal das ideias encontradas no plano social. Nesse sentido, se consideramos que os estudantes atribuem significados às ideias à sua volta a partir do relacionamentos dessas com seus conhecimentos prévios e maneiras de pensar pré-existentes (Leach e Scott, 2008), somos levados a compreender a aprendizagem de Ciências como uma elaboração gradual e prolongada que envolve, simultaneamente, processos sociais e individuais na construção de conhecimentos escolares desse domínio. Tal visão de aprendizagem é a que fundamenta o estudo desta tese.

Um das abordagens que pode contribuir para os aspectos discutidos anteriormente e tem se destacado em documentos curriculares internacionais (como os da Espanha, da Inglaterra e dos Estados Unidos) e nacionais, mesmo que ainda de forma tímida, é o Ensino por Investigação.

Pesquisas têm apontado que essa abordagem tem contribuído para que os estudantes:

- i. tenham condições de atuarem como cidadãos em nossa sociedade, em termos de serem capazes de julgar criticamente ações tomadas diante de questões relacionadas a um tema, de atuar contra ou favor de possíveis decisões, de assumir posicionamento consciente (Carvalho, 2013; Mendonça e Justi, 2013; Kelly, 2014; Duschl *et al.*, 2016).
- ii. desenvolvam uma compreensão mais ampla e profunda dos conhecimentos científicos (Carvalho, 2013; Mendonça e Justi, 2013; Kelly, 2014; Duschl *et al.*, 2016), em termos de os estudantes serem capazes de operar com tais conhecimentos e terem condições de aplica-los para solucionar questões-problema de nossa sociedade;
- iii. desenvolvam uma compreensão mais sofisticada sobre NdC<sup>5</sup>, isto é, dos processos de construção de conhecimento, das influências que são exercidas sobre ele e da influência que ele exerce em nossa sociedade. Para tanto, os estudantes devem ser engajados na reflexão explícita sobre algumas práticas científicas, como, por exemplo, a validade das evidências apresentadas, a relação entre o desenho metodológico e os dados coletados, os critérios usados para validar as conclusões, hipóteses etc. (Sandoval e Millwood, 2008; Bybee, 2011; Ryu e Sandoval, 2012; Carvalho, 2013; Gilbert e Justi, 2016); e
- iv. possam vivenciar o *fazer* Ciências ao serem engajados em práticas que são comuns na ciência, como, por exemplo, elaborar questões e definir problemas; elaborar e usar modelos; planejar e realizar investigações; analisar e interpretar dados; utilizar raciocínios matemáticos e computacionais; construir explicações e desenvolver soluções; argumentar a partir de evidências; e obter, avaliar e comunicar informações (Reiser *et al.*, 2012; Osborne, 2016). Isso pode contribuir para que os estudantes desenvolvam um conhecimento processual, que está relacionado tanto ao

---

<sup>5</sup> Nesta pesquisa, o termo Natureza da Ciência é utilizado como sinônimo do termo sobre Ciências.

conhecimento sobre os diversos métodos utilizados pelos cientistas para produzir conhecimentos quanto ao conhecimento sobre práticas recorrentes na comunidade científica.

Portanto, o Ensino por Investigação pode favorecer aos estudantes vivenciar um ensino de ciências autêntico, isto é, um ensino que busca se aproximar das práticas da própria ciência (Gilbert, 2004).

Recentemente, documentos internacionais, principalmente o documento americano *A Framework for K-12 Science Education* (NRC, 2012) e pesquisadores (como, por exemplo, Krajcik e Merritt, 2012; Reiser *et al.*, 2012; Bybee, 2014; Ferraz e Sasseron, 2017) têm apontado que trabalhar as práticas científicas, como as apresentadas anteriormente, de forma integrada em salas de aula de Ciências pode potencializar as aprendizagens dos estudantes *de e sobre* Ciências, assim como o desenvolvimento de suas habilidades (por exemplo, argumentativas, de condução de investigações, de elaboração de explicações).

Osborne (2014) menciona que se entendermos a ciência como um conjunto de práticas científicas podemos compreender que:

“... o desenvolvimento de teorias, raciocínios e avaliações são componentes de um conjunto maior de atividades que incluem redes de participantes e instituições (Latour, 1999; Longino, 2002); formas especializadas de falar e escrever (Bazerman, 1988); modelagem, utilizando tanto modelos mecânicos e matemáticos quanto simulações virtuais (Nersessian, 2008); elaboração de inferências preditivas; construção de instrumentação apropriada; e criação de representações para os fenômenos (Latour, 1986; Lehrer & Schäuble, 2006a). (p.180, tradução nossa).

O documento americano e pesquisadores, como os citados anteriormente, argumentam que o ensino fundamentado em práticas científicas pode contribuir para que os estudantes desenvolvam uma base de conhecimentos da ciências, que segundo Osborne (2014) e Duschl e Grandy (2013) envolve os conhecimentos relacionados a *como sabemos o que sabemos e porque sabemos o que sabemos*. Tal base pode contribuir para que os estudantes compreendam mais profundamente o processo de produção e disseminação de conhecimentos científicos e os papéis que os cientistas desempenham nesse processo (Osborne, 2014).

Osborne (2016) ressalta que o fato de os estudantes vivenciarem as práticas científicas não é suficiente para que eles desenvolvam conhecimentos *de e sobre* Ciências. Se assim fosse, os cientistas, por exemplo, compreenderiam mais profundamente o empreendimento científico, ou seja, teriam uma visão menos ingênua *sobre* Ciências – aspecto que não é observado nas pesquisas que investigaram as concepções *sobre* Ciências de cientistas (por exemplo, Schwartz e Lederman, 2008; Hodson e Wong, 2014).

Esse autor também menciona que abordar tais práticas de forma implícita não contribui para que os estudantes reflitam e tenham consciência do processo que estão realizando e dos papéis que estão desempenhando, ou deveriam desempenhar, durante o mesmo. Isso pode implicar dificuldades de os estudantes compreenderem os conceitos, desenvolvê-los e aplicá-los em situações-problema, bem como de eles entenderem o processo de construção de conhecimento. Portanto, Osborne (2016), assim como outros pesquisadores (por exemplo, McDonald, 2010; Abd-El-Khalick, 2012; Irzik e Nola, 2014; Khishfe, 2014; Justi e Erduran, 2015; Allchin, 2017; Kutluca e Aydin, 2017) defendem uma abordagem explícita *sobre* Ciências.

Considerando as vantagens discutidas sobre o ensino fundamentado em práticas científicas e de que o Ensino por Investigação é uma abordagem instrucional que pode contribuir para que os estudantes se engajem em práticas científicas de forma integrada, pesquisadores, como Clement (2000) e Justi e Gilbert (2002) têm defendido o uso da modelagem, um tipo de abordagem investigativa, como uma opção bastante promissora. Isso porque ela pode contribuir para que os estudantes se engajem integradamente em várias das práticas científicas atualmente consideradas como essenciais para o ensino de Ciências por grande parte da comunidade de pesquisadores da área. Essa sugestão se sustenta nos resultados de trabalhos nos quais algumas dessas práticas foram analisadas. Por exemplo, a elaboração e utilização de modelos (Clement e Rea-Ramirez, 2008; Maia e Justi, 2009a; Mendonça e Justi, 2013); a análise e interpretação de dados (Maia e Justi, 2009a; Mendonça e Justi, 2013); a utilização de raciocínio matemático e do pensamento computacional (Louca *et al.*, 2011); o engajamento na elaboração de argumentos sustentados por evidências (Passmore e Svoboda, 2012; Mendonça e Justi, 2013); a construção de explicações e o desenvolvimento de soluções (Louca *et al.*, 2011; Mendonça e

Justi, 2013; Oliveira *et al.*, 2015); e a obtenção, avaliação e comunicação de informações (Mendonça e Justi, 2013). Alguns desses trabalhos também fornecem suporte à aprendizagem conceitual e/ ou ao desenvolvimento de habilidades<sup>6</sup>.

Por outro lado, a integração das práticas científicas de modelagem e argumentação ainda é um aspecto pouco estudado. Até o momento em que esse trabalho foi escrito (segundo semestre de 2019), encontramos apenas três estudos que investigaram explicitamente a integração das práticas científicas de modelagem e argumentação<sup>7</sup>: Passmore e Svoboda (2012), Mendonça e Justi (2013) e Puig *et al.* (2017).

No estudo conduzido por Passmore e Svoboda (2012), as autoras elaboraram uma ferramenta visando investigar como estudantes aprendem quando participam dessas práticas científicas (modelagem e argumentação) e explorar a utilidade da ferramenta para fomentar a argumentação. Para Passmore e Svoboda (2012), a modelagem pode ser entendida a partir dos elementos construção, utilização, avaliação e revisão. Em relação aos objetivos da argumentação em contexto de modelagem, as autoras consideram as ideias propostas por Berland e Reiser (2009):

- dar sentido ao fenômeno: quando os sujeitos buscam evidências para sustentar suas afirmativas e explicações sobre o fenômeno;
- articular o entendimento: quando os sujeitos constroem argumentos para comunicá-los a outras pessoas; e
- persuadir: quando os sujeitos buscam convencer alguém da validade de suas ideias.

---

<sup>6</sup> Na seção posterior, apresentamos detalhadamente alguns dos trabalhos citados aqui com objetivo de explorar mais profundamente as contribuições do ensino fundamentado em modelagem.

<sup>7</sup> O levantamento dos estudos que investigaram empiricamente a relação entre argumentação e modelagem se deu de duas maneiras, a partir: (i) do livro *Modelling-based Teaching in Science Education* de Gilbert e Justi (2016), no qual os autores afirmam ter encontrado apenas dois estudos que investigaram tal relação: o de Passmore e Svoboda (2012) e o de Mendonça e Justi (2013); e da busca que fizemos no banco de dados do ERIC (*Education Resources Information Center*), considerando o período de 2013 a 2019. Isso porque, apesar de o livro de Gilbert e Justi (2016) ter sido publicado em 2016, é provável que o levantamento de pesquisas sobre a relação entre argumentação e modelagem tenha sido feito antes de sua publicação. As palavras chave utilizadas foram: *modelling*, *argumentation* e *science education*. Cinco estudos foram encontrados, mas após a leitura de seus resumos, observamos que apenas o estudo de Puig *et al.* (2017), que posteriormente foi lido na íntegra, explorou a relação entre argumentação e modelagem explicitamente.

A coleta de dados ocorreu em diferentes níveis de ensino e escolas, e a partir de vários contextos de modelagem científica. Os resultados indicam que a argumentação ocorre em todas as etapas da modelagem consideradas pelas autoras quando os estudantes são engajados em: interpretar o fenômeno; buscar evidências relacionadas à questão investigada; articular os dados e o modelo a partir de justificativas; e avaliar o modelo, isto é, se ele é o mais adequado para explicar os dados disponíveis.

A pesquisa conduzida por Mendonça e Justi (2013) fornece suporte à conclusão encontrada no trabalho de Passmore e Svoboda (2012), uma vez que as autoras também identificaram a ocorrência de argumentação em todas as etapas do processo de modelagem científica vivenciadas pelos estudantes (apesar de essas etapas terem sido diferentes daquelas focadas no trabalho discutido anteriormente). Nesse estudo, Mendonça e Justi (2013) investigaram a relação entre modelagem e argumentação ao analisar os dados coletados durante o ensino fundamentado em modelagem dos tópicos ligação iônica e interações intermoleculares. O referencial teórico que fundamentou a elaboração das unidades didáticas foi o Diagrama Modelo de Modelagem proposto por Justi e Gilbert (2002). Em algumas das atividades, os estudantes tiveram que escolher, entre os modelos propostos por eles anteriormente, qual era mais coerente para explicar um determinado fenômeno. Para isso, eles deveriam avaliar as evidências que contribuiriam para dar suporte às suas opiniões. Os resultados indicam que a argumentação ocorre em contextos de ensino que oferecem condições para os estudantes construir e avaliarem constantemente seus conhecimentos. Além disso, as autoras mostraram que, nas etapas de produção e expressão do modelo, as situações argumentativas foram mais relacionadas com a construção de explicações do que com a persuasão, enquanto nas etapas de teste e avaliação do modelo, as situações argumentativas foram mais relacionadas com a persuasão.

Puig *et al.* (2017) investigaram as contribuições da integração das práticas científicas de modelagem e argumentação na aprendizagem de conteúdo curricular de genética, em específico das doenças com componente genético, por estudantes de biologia de 15-17 anos. Os autores utilizaram o referencial de modelagem de Tiberghien (2000) adaptado, que considera a interpretação do mundo material por uma pessoa ou uma comunidade

como uma atividade de modelagem. Segundo tal referencial, a modelagem favorece três mundos de conhecimentos:

- o das teorias, que se refere aos aspectos e modelos teóricos envolvidos na situação estudada;
- o natural, que se refere aos aspectos observáveis; e
- o das representações externas, que se refere ao modelo expresso.

Considerando a conclusão obtida por Mendonça e Justi (2013) e Passmore e Svoboda (2012) de que a argumentação ocorre em todo o processo de modelagem, Puig et al. (2017) propuseram que essa prática científica tem o papel também de conectar tais mundos de conhecimentos. Isso porque ela favorece a explicitação dos processos envolvidos nos relacionamentos entre esses mundos, assim como as operações realizadas em tais processos.

Um dos referenciais que os autores utilizaram para estruturar a sequência didática foi o Diagrama Modelo de Modelagem proposto por Justi e Gilbert (2002). A partir desse estudo, as autoras constataram um número maior de operações de modelagem (104) do que de argumentativas<sup>8</sup> (83) mobilizadas pelos estudantes. Embora a argumentação desempenhe um papel central na construção de representações, o objetivo principal da atividade era construir uma representação e não o de promover a argumentação entre os estudantes. Tal aspecto, segundo as autoras, pode justificar a diferença encontrada.

Além disso, Puig et al. (2017) observaram que o uso de evidências foi a única operação que conectou os três mundos de conhecimentos, uma vez que os estudantes identificaram dados desses três mundos como evidências e os incluíram em suas representações.

Os estudantes também estabeleceram mais conexões entre o mundo das teorias e o das representações do que relações entre aquele e o natural. Isso significa que eles se concentraram mais em construir a representação utilizando seus conhecimentos prévios do

---

<sup>8</sup> As operações de modelagem correspondem a movimentos discursivos que revelam ações ou práticas cognitivas envolvidas no processo de construção de representações (Puig et al., 2017). Por outro lado, as operações argumentativas são caracterizadas como movimentos discursivos que recorrem às evidências com objetivo de dar suporte ou refutar afirmativas (Puig et al., 2017).

que em conectar a representação que elaboraram ao fenômeno observado. Para que os estudantes estabelecessem conexões entre o mundo natural e o das teorias, eles teriam que comparar os modelos e comunicar os objetivos dos mesmos.

A partir desses resultados, Puig *et al.* (2017) concluem que a integração das práticas de argumentação e modelagem contribuiu parcialmente para aprendizagem dos estudantes sobre o conteúdo curricular de genética. As autoras discutem que a condução da atividade de modelagem e a própria atividade em si podem ter influenciado nos resultados obtidos. Isso porque, apesar de os professores terem conhecimentos sobre modelagem e argumentação, eles não tinham participado de nenhuma discussão prévia sobre como conduzi-las no ensino regular. Além disso, a atividade não apresentava explicitamente os objetivos de cada etapa da modelagem. Tais aspectos podem ter influenciado na compreensão e desenvolvimento de conhecimentos sobre genética pelos estudantes.

Por fim, Puig *et al.* (2017) mencionam que os resultados obtidos sugerem a existência de uma contribuição mútua entre as práticas de modelar e argumentar devida a sobreposição de operações de modelagem e argumentação. Além disso, segundo os pesquisadores, parece existir uma relação entre os mundos de conhecimentos e as duas práticas científicas. Isso porque quanto mais interações entre as operações de argumentação e modelagem foram estabelecidas pelos estudantes, mais conexões eles estabeleceram entre os mundos de conhecimentos e mais sofisticadas foram as representações que construíram.

A partir da discussão desses trabalhos, constatamos que eles: foram conduzidos em apenas um tipo de contexto: o científico; mostraram ou consideraram a ocorrência de situações argumentativas em todas as etapas da modelagens; e/ou exibiram as contribuições da integração das práticas científicas de modelagem e argumentação para a aprendizagem de conceitos científicos. Essas são contribuições bastante relevantes para nossa área, mas para que o conhecimento sobre a relação entre argumentação e modelagem avance, avaliamos que são necessárias pesquisas que busquem compreender também o processo de argumentação dos estudantes quando participam de atividades de modelagem que envolvem diferentes níveis de ensino e contextos de ensino de diferentes naturezas, não só científica.

Nas próximas seções abordamos, respectivamente: uma proposta de Ensino Fundamentado em Modelagem e suas contribuições para se buscar atingir os objetivos contemporâneos da Educação em Ciências. A partir disso, justificamos sua escolha para este estudo; as tendências, controvérsias e limitações das pesquisas sobre a temática Argumentação na área de Educação em Ciências; e o Referencial Teórico de Argumentação adotado neste trabalho com as justificativas de sua escolha.

## 2.2 O ensino fundamentado em modelagem e suas contribuições para o ensino de Ciências

A partir de uma revisão da literatura, observamos que nos últimos vinte anos houve investimento dos pesquisadores da área da Educação em Ciências em desenvolver propostas de ensino fundamentado em modelagem e/ou investigar as contribuições dessa abordagem de ensino para se atingir vários objetivos educacionais (por exemplo, Barab *et al.*, 2000; Clement, 2008; Maia e Justi, 2009b; Schwarz *et al.*, 2009; Mendonça e Justi, 2011; Krajcik e Merritt, 2012; Hokayem e Schwarz, 2014; Baek e Schwarz, 2015; Fortus *et al.*, 2016; Prins *et al.*, 2016; Blanco-Anaya *et al.*, 2017; Shim e Kim, 2018; Baumfalk *et al.*, 2019).

Uma das propostas que tem exibido contribuições teóricas e empíricas tanto para a aprendizagem *de e sobre* Ciências quanto para o desenvolvimento de habilidades (por exemplo, argumentativas, de condução de investigações, de elaboração de explicações) é a de Gilbert e Justi (2016)<sup>9</sup>. Segundo estes autores, a modelagem é um processo cíclico, complexo, criativo, não linear, não predeterminado e, portanto, dinâmico, de criação, expressão, teste e avaliação de modelos. Estes, na perspectiva de Gilbert e Justi (2016), são entendidos como artefatos epistêmicos, o que significa que não são apenas representações parciais de entidades em diferentes níveis, por exemplo, macroscópico, microscópico e submicroscópico, mas sim uma ferramenta de pensamento utilizada no processo de produção de um conhecimento científico.

---

<sup>9</sup> A versão original desta proposta foi publicada em Justi e Gilbert (2002) e orientou vários trabalhos até então. Neste texto, optamos por apresentar a versão mais recente, que é uma ampliação da anterior e que foi a que orientou este trabalho.

Como mencionamos anteriormente, para Gilbert e Justi (2016) a modelagem é um processo que possui quatro etapas básicas, caracterizadas como:

- i. Criação do proto-modelo: essa etapa é caracterizada pela elaboração de um proto-modelo<sup>10</sup> que ocorre a partir da: definição do(s) objetivo(s) para quais o modelo será constituído; obtenção de informações sobre a entidade a ser modelada por meio de fontes externas (como pesquisas, experimentos empíricos, informações fornecidas por outra pessoa) e/ou internas (como as ideias prévias de quem está participando do processo); e identificação da(s) base(s) com as quais parece ser possível estabelecer analogias ou recursos matemáticos adequados para a situação em questão. Lidando com esses elementos de forma criativa e usando raciocínio crítico, o sujeito elabora o proto-modelo.
- ii. Expressão do proto-modelo: essa etapa é caracterizada pela comunicação do proto-modelo a outrem a partir de algum modo de representação: concreto (tridimensional), gestual, verbal (oral ou escrito), simbólico (constituído por símbolos, fórmulas e equações químicas e matemáticas), virtual e visual (bidimensional, caracterizado por desenhos, gráficos, tabelas), entre outros (Gilbert *et al.*, 2000) ou, como mais frequentemente ocorre, de combinações entre elas.
- iii. Testes: nesta etapa, o modelo pode ser submetido a testes mentais<sup>11</sup> e/ou empíricos visando identificar sua adequação aos objetivos definidos inicialmente. Não há um número ou um tipo de teste predefinidos, pois isto depende principalmente do conhecimento a ser modelado e do contexto em que o processo ocorre. Após a realização dos testes, se o modelo não responder positivamente, ele deverá ser modificado, ou até mesmo rejeitado, iniciando-se o processo novamente;
- iv. Avaliação do modelo: esta etapa envolve a análise da abrangência e das limitações de um modelo a partir da tentativa de utilizá-lo em outra situação, diferente daquela para a qual ele foi elaborado. Tal etapa também é marcada pelo processo de socialização, em

---

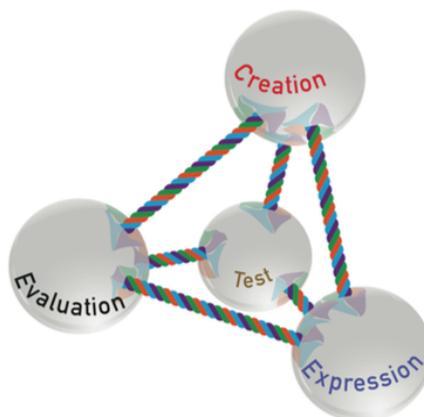
<sup>10</sup> Proto-modelo corresponde ao modelo mental no campo da Psicologia, isto é, um modelo produzido internamente por um indivíduo, estando sozinho ou em grupo e, por estar em sua mente, essa representação é inacessível. Gilbert e Justi (2016) optaram por utilizar esta nomenclatura visando estabelecer coerência com a ideia de modelo como artefato epistêmico.

<sup>11</sup> Testes mentais são experimentos conduzidos por meio do pensamento com objetivo de obter um resultado e avaliar a aplicabilidade ou poder de explicação do modelo expresso (Reiner e Gilbert, 2000).

que se busca convencer os colegas da abrangência do modelo elaborado, em termos de este conseguir explicar, por exemplo, mais aspectos envolvidos na nova situação do que os modelos propostos pelos colegas.

A representação destas etapas pode ser vista na figura 2.1.

**Figura 2.1** Diagrama Modelo de Modelagem v2.



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

Na figura 2.1, observamos um tetraedro que apresenta em seus vértices as etapas da modelagem. Gilbert e Justi (2016) optaram por esta figura geométrica em virtude de ela apresentar vértices equidistantes uns dos outros e de poder ser rodada sem modificar as relações entre os vértices. Além disso, o tetraedro representa que as etapas do processo de modelagem não ocorrem em ordem específica. 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.

Na figura 2.1 também são observados quatro fios de cores distintas entrelaçados entre si formando uma corda. Cada fio representa um dos processos cognitivos envolvidos em todas as etapas da modelagem: *criação de representações imagísticas*, *realização de experimentos mentais*, *elaboração de raciocínio analógico* e *argumentação*. O fato de as cordas serem representadas entrando nas esferas também mostra que esses processos ocorrem o tempo.

A *argumentação*, foco deste trabalho, permeia todo o processo de modelagem uma vez que a adequada justificação das afirmativas é essencial para que significados sejam atribuídos aos modelos e para persuadir outras pessoas sobre sua utilidade e validade dos mesmos. Na etapa de criação do proto-modelo, a argumentação pode se fazer presente, por exemplo, durante as análises das informações a serem selecionadas para criar tal artefato epistêmico. Durante a expressão do modelo, esse processo cognitivo pode acontecer ao selecionar os modos de representação e ao justificar tais escolhas. Na etapa de testes, a argumentação pode ocorrer durante a análise do modelo frente às observações obtidas. Por fim, na etapa avaliação, esse processo cognitivo pode ocorrer durante avaliação do modelo em outra situação, bem como durante o processo de persuasão (Gilbert e Justi, 2016).

Além disso, o fato de a representação do processo de modelagem (figura 2.1) ter sido pensada pelos autores a partir da consideração desse processo como uma prática científica (isto é, práticas utilizadas no processo de construção de conhecimento científico) contribui para que ela seja coerente com os objetivos para o ensino de Ciências atuais. Por isso ela tem sido utilizada como referencial estruturador do ensino fundamentado em modelagem em várias pesquisas. Por exemplo, Maia e Justi (2009b) investigaram o processo de aprendizagem do conteúdo curricular equilíbrio químico a partir de uma situação de ensino fundamentado em modelagem em uma turma de estudantes de 14-15 anos. Para isso, foi elaborada uma unidade didática sobre equilíbrio químico visando favorecer aos estudantes construir, expressar, testar e avaliar os modelos de acordo com a primeira versão do Diagrama de Modelo e Modelagem proposto por Justi e Gilbert (2002). Os dados foram coletados a partir de registros escritos dos materiais produzidos pelos estudantes e de registros em vídeo das aulas. A análise de dados envolveu um estudo de caso para cada grupo, que teve como objetivo caracterizar o processo de aprendizagem dos estudantes. Os resultados indicam que as oportunidades oferecidas aos estudantes para testar e modificar seus modelos foram importantes para suas aprendizagens. Além disso, o papel da professora durante o processo de modelagem foi essencial para favorecer a aprendizagem dos estudantes. Isso porque ela elaborou questões que favoreceram aos estudantes: (i) refletir sobre a utilidade de seus modelos; (ii) identificar as limitações dos

mesmos e, caso necessário, propor mudanças; e (iii) revisar suas ideias anteriores sobre o que poderia apoiar a elaboração ou a explicação de seus modelos. Assim, esse estudo evidencia contribuições do ensino fundamentado em modelagem para aprendizagem do conteúdo científico envolvido e de alguns metacconhecimentos sobre modelos e modelagem.

Gilbert e Justi (2016) discutem que as atividades fundamentadas em modelagem podem também contribuir para uma aprendizagem mais ampla sobre Ciências. Para tanto, eles apresentam os aspectos de NdC possíveis de serem trabalhados a partir de atividades estruturadas no Diagrama Modelo de Modelagem v2. Por exemplo, eles apontam que, durante o processo de testes dos modelos, os estudantes podem compreender alguns objetivos e valores do conhecimento científico como: necessidade de conhecimento para fornecer suporte às explicações e previsões; e a importância do conhecimento ser consistente, simples e útil. Além disso, durante a avaliação dos modelos, os estudantes podem compreender, por exemplo, que o conhecimento é provisório; a importância das evidências para convencer e persuadir o outro da aceitabilidade de seu modelo; e o objetivo de utilizar o conhecimento científico para compreender os fenômenos naturais. Gilbert e Justi (2016) ressaltam que não é qualquer tema a ser modelado que pode favorecer trabalhar, por exemplo, o papel do conhecimento para solucionar problemas sociais, tecnológicos e ambientais. É necessário que a temática a ser modelada possibilite ao estudante solucionar problemas e tomar decisões. Além disso, eles destacam a importância de se realizar estudos empíricos que forneçam elementos que contribuam para compreender as relações entre o ensino fundamentado em modelagem e a aprendizagem de aspectos sobre Ciências.

Recentemente, um dos membros de nosso Grupo de Pesquisa investigou as contribuições do ensino fundamentado em modelagem em diferentes contextos: cotidiano, científico e sociocientífico para aprendizagem sobre Ciências de estudantes de Química, entre 16-18 anos, do terceiro ano do Ensino Médio<sup>12</sup>. Todas as atividades foram planejadas a partir do Diagrama Modelo de Modelagem v2. Os resultados indicam que os estudantes

---

<sup>12</sup> O contexto de coleta dados do estudo de Santos (2019), que incluiu as atividades de modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico, foi o mesmo deste estudo.

desenvolveram visões mais amplas sobre Ciências. Isso aconteceu devido às atividades de modelagem:

- i. favorecerem a vivência de, e possíveis reflexões sobre, várias práticas científicas inerentes à modelagem, como as relacionadas a atividades investigativas; à argumentação; à utilização de diversas linguagens ou modos de representação; à visualização, entre outras;
- ii. terem sido vivenciadas em grupos pequenos que contaram com momentos de socialização de ideias com toda a turma;
- iii. terem sido mediadas por professores capacitados para criar um ambiente que contribuísse para que os estudantes se sentissem à vontade para expressar suas ideias, favorecendo a ocorrência dos processos de modelagem e argumentação, assim como a reflexão explícita sobre Ciências;
- iv. envolverem temas e aspectos contextualizados, o que favoreceu discussões explícitas de alguns aspectos sobre Ciências pelos professores, assim como reflexões dos estudantes sobre eles a partir do processo vivenciado; e
- v. terem sido relacionadas a contextos diferentes, com características e objetivos distintos, o que contribuiu para que os estudantes vivenciassem várias vezes e de maneira dinâmica as etapas da modelagem (Santos, 2019).

Além das contribuições do ensino fundamentado em modelagem na aprendizagem de e sobre Ciências, ela tem favorecido o desenvolvimento de habilidades dos estudantes. Isso pode ser evidenciado pelo estudo conduzido por Maia e Justi (2009a). Essas autoras investigaram o desenvolvimento de habilidades de investigação de estudantes do ensino médio, entre 15-16 anos, que vivenciaram três situações de modelagem ao longo do ano letivo. Os dados foram coletados a partir de registros escritos dos materiais produzidos pelos estudantes e registro em vídeo das aulas. A análise de dados envolveu a identificação das habilidades desenvolvidas pelos estudantes em cada etapa da modelagem descrita no Diagrama Modelo de Modelagem (Justi e Gilbert, 2002) e o desempenho dos mesmos ao vivenciar cada etapa do processo. Esse aspecto foi avaliado em relação à coerência e capacidade das ações dos estudantes para atender as demandas de cada atividade. Essa análise foi realizada para cada uma das situações vivenciadas pelos estudantes. As autoras

concluem que as atividades de modelagem tendem a favorecer o progresso da performance dos estudantes em relação às habilidades envolvidas em modelagem, pois foi observado, por exemplo, que os estudantes foram apresentando uma desenvoltura maior para construir modelos, utilizar os códigos de representação, comunicar suas ideias a partir do uso de evidências e da elaboração de justificativas. O desenvolvimento das habilidades ocorreu, principalmente, quando estudantes refletiam sobre suas ações (estruturando e/ou sistematizando um plano de ações para relacionar ideias e formular um modelo ou tentando adequar os conhecimentos e experiências prévias a novos contextos) e/ou sobre a natureza dos modelos (reconhecendo que esses possuem abrangência e limitações).

A proposta de Gilbert e Justi (2016) também tem gerado contribuições para o desenvolvimento do raciocínio analógico, como evidenciado nas pesquisas conduzidas, por exemplo por Oliva e Aragón-Méndez (2017) e Mozzer e Justi (2018). Estas últimas autoras se fundamentaram na visão de modelagem de Gilbert e Justi (2016) para investigar: as etapas que podem ser usadas para guiar a proposição e o desenvolvimento de atividades de modelagem analógica no ensino de Química; e como tais atividades geram contribuições para os estudantes de Química vivenciarem os subprocessos do raciocínio analógico. Por outro lado, Oliva e Aragón-Méndez (2017) investigaram desempenho de estudantes ao elaborar e usar analogias relacionadas ao conteúdo científico curricular reações químicas, ao vivenciarem um processo de ensino fundamentado em modelagem.

Outra contribuição da proposta de Gilbert e Justi (2016) se relacionou à aprendizagem de estudantes quanto à expressão de diferentes modos de representação (multimodalidade). Oliveira *et al.* (2015) investigaram como estudantes de 16-18 anos e sua professora utilizaram representações não verbais em discursos explicativos e argumentativos em um ensino fundamentado em modelagem científica; e as relações entre as funções dessas representações e as demandas de situações explicativas e argumentativas existentes naquela sala de aula. As atividades de ensino – sobre o tema interações intermoleculares – foram elaboradas tendo a primeira versão do Diagrama de Modelo e Modelagem (Justi e Gilbert, 2002) como referencial teórico. Os dados foram coletados a partir de registros escritos dos materiais produzidos pelos estudantes e registro em vídeo das aulas. Nas atividades, os estudantes deviam criar, expressar, testar e avaliar

modelos visando compreender as diferenças entre interações intermoleculares e interatômicas e as influências dessas diferenças nas propriedades das substâncias. Os resultados desse estudo indicam que:

- as representações mais utilizadas foram os modelos concretos, o que é coerente com os principais objetivos das tarefas realizadas pelos estudantes: criar e testar modelos concretos;
- os estudantes utilizaram representações não verbais com finalidades diversas no discurso como, por exemplo, para: reforçar a fala; suprir as dificuldades dos indivíduos de se expressar verbalmente; substituir vocabulário científico específico; averiguar entendimento de aspectos conceituais etc.;
- os estudantes utilizaram mais frequentemente representações não verbais em situações explicativas do que em situações argumentativas. Tal resultado pode ser atribuído o fato de o grupo investigado estar mais acostumado a explicar suas ideias do que a argumentar, uma vez que esta prática científica não era comum naquela sala de aula; e
- os estudantes, geralmente, utilizaram as representações não verbais em situações argumentativas com objetivo de defender explicações.

As autoras concluem que as representações constituíram uma parte importante da argumentação e das explicações produzidas pelos estudantes e promovidas pela professora no processo de ensino e aprendizagem e que a mesma desempenhou ações específicas que favoreceram a utilização de representações não verbais pelos estudantes.

Por fim, a pesquisa de Mendonça e Justi (2013), discutida na seção anterior, analisa a ocorrência de situações argumentativas em todas as etapas de modelagem descritas por Justi e Gilbert (2002).

Gilbert e Justi (2016) destacam que o desempenho do estudante e todas as decisões necessárias a serem tomadas por ele frente a cada etapa do processo de modelagem são orientadas principalmente por esses quatro processos cognitivos, isto é, *criação de representações imagísticas, realização de experimentos mentais, elaboração de raciocínio analógico e argumentação*.

Reconhecemos a não possibilidade de caracterizar todas as ações que os estudantes podem vivenciar na modelagem, uma vez que seus raciocínios são idiossincráticos. Por outro lado, a nosso ver, o diagrama de Modelo de Modelagem v2 elucida as principais etapas e processos. Ademais, o diagrama reflete bem essa idiossincrasia porque é uma proposta bastante flexível e coerente em virtude de demonstrar não linearidade e predeterminação (Gilbert e Justi, 2016).

Até o início do estudo que originou o presente trabalho, ainda não havia sido investigado empiricamente como estudantes argumentam em situações de ensino de Ciências fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico<sup>13</sup> com base no referencial teórico de Gilbert e Justi (2016), bem como a partir de uma ferramenta de análise do processo argumentativo fundamentada em aspectos da teoria do diálogo<sup>14</sup>.

Até muito recentemente, a maioria absoluta das pesquisas que investiga a abordagem de ensino fundamentada em modelagem tem envolvido principalmente o contexto científico. No entanto, recentemente, nosso Grupo de Pesquisa tem se esforçado para desenvolver atividades de modelagem em contexto de natureza sociocientífica. Isso porque acreditamos que, para um sujeito ser formado como cidadão, ele deve ser capaz se posicionar frente aos problemas de nossa sociedade, que podem ser de ordem social e/ou científica. Nesse sentido, não basta o ensino de Ciências oferecer oportunidades para que os indivíduos desenvolvam e saibam como aplicar conhecimentos científicos. É necessário que eles tenham oportunidades para desenvolver e saber como aplicar os conhecimentos sociais, bem como para articulá-los aos conhecimentos científicos – o que contribuiria para

---

<sup>13</sup> Em nosso Grupo de Pesquisa, denominamos *modelagem em contexto cotidiano* aquela em que os conhecimentos a serem utilizados e/ou desenvolvidos pelos indivíduos para solucionar uma questão problema são de natureza social, isto é, relacionam-se a valores (éticos, ambientais, econômicos, ideológicos, culturais etc.) que foram construídos ao longo da vida dos sujeitos (Sadler, 2011). No que diz respeito à *modelagem em contexto científico*, para os indivíduos conseguirem solucionar uma questão problema é necessário que eles utilizem e/ou desenvolvem conhecimentos científicos. Em contrapartida, na *modelagem em contexto sociocientífico* é fundamental que os indivíduos utilizem e/ou desenvolvam conhecimentos de naturezas social e científica para solucionar uma questão problema cujo foco não é o conhecimento científico.

<sup>14</sup> A trajetória do desenvolvimento da ferramenta analítica é apresentada no capítulo 4: Aspectos Metodológicos da Pesquisa, enquanto a ferramenta em si é apresentada no capítulo 5: Resultado Teórico.

que eles se posicionassem e/ou tomassem decisões frente a situações que requeressem tais atitudes.

Por exemplo, os casos de rompimentos das barragens de rejeitos de mineração que acontecerem em Minas Gerais, em específico nas cidades de Mariana e Brumadinho, são situações que se relacionam a vários aspectos: ambientais, econômicos, sociais, científicos, políticos etc. Para que a população seja capaz de participar de forma ativa na problematização e/ou discussão de possíveis soluções dos problemas causados pelos rompimentos das barragens é necessário que ela tenha conhecimentos de várias naturezas e que saiba articulá-los.

Essa perspectiva de Educação em Ciências vai ao encontro da defendida no relatório para Organização das Nações Unidas para Educação, Ciências e Cultura (UNESCO, na sigla em inglês), documento que apresenta as novas perspectivas para a Educação em todo mundo (Delors *et al.*, 1999) e que é citado no documento da Base Nacional Curricular Comum (Brasil, 2018). Delors *et al.* (1999) mencionam que o ensino que apoia a formação de cidadãos deve favorecer, além das aprendizagens já citadas ao longo deste texto, o desenvolvimento de valores e da consciência crítica e ética, visando que o sujeito atue na sociedade de forma ativa. Portanto, é importante que pesquisadores da área da Educação em Ciências investiguem também as contribuições e as limitações do ensino fundamentado em modelagem em contextos sociocientíficos.

Considerando as contribuições e características da visão de modelagem de Gilbert e Justi (2016) apresentadas e discutidas ao longo desta seção, podemos afirmar que esta visão se fundamenta na perspectiva de aprendizagem que defendemos, isto é, a sócio-histórico-cultural (Vygotsky, 1978). Isto porque o processo de construção de conhecimento vivenciado pelos estudantes no Ensino Fundamentado em Modelagem favorece intensamente as interações entre estudantes e entre estudantes e professor.

Podemos afirmar também que esta visão de modelagem é coerente com os objetivos educacionais defendidos atualmente, sendo mais ampla do que outras visões de modelagem utilizadas em contextos escolares (como, por exemplo, as de Clement (1989) e Wells, Hestenes e Swackhamer (1995), discutidas em Gilbert e Justi (2016)) e considera a argumentação como um processo que pode ocorrer em todas as etapas da modelagem.

Todos esses elementos contribuíram para selecionarmos essa visão de modelagem como um dos referenciais teóricos deste estudo.

### 2.3 Argumentação na Educação em Ciências

O interesse em se pesquisar a argumentação no ensino de Ciências tem aumentado nos últimos vinte anos, como evidenciado pelo crescente número de publicações nacionais e internacionais sobre o tema (por exemplo, Driver *et al.*, 2000; Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000; Duschl e Osborne, 2002; Zohar e Nemet, 2002; Sandoval e Morrison, 2003; Osborne *et al.*, 2004; Walker e Zeidler, 2004; Harris e Ratcliffe, 2005; Sandoval e Millwood, 2005; Albe, 2008; Venville e Dawson, 2010; Khishfe, 2012; Ogan-Bekiroglu e Eskin, 2012; Sasseron e Carvalho, 2013; Grooms *et al.*, 2014; Souto e Munford, 2015; Lazarou *et al.*, 2016; Henderson *et al.*, 2017; Martins e Justi, 2019b). Isso se deve ao fato de que o ensino pautado em uma abordagem dialógica, como a argumentação, poder contribuir para a aprendizagem *de e sobre* Ciências, bem como para o desenvolvimento da capacidade argumentativa dos estudantes. Discutindo o tema de forma mais ampla, Jiménez-Aleixandre (2010) defende que a argumentação pode contribuir para o objetivo da Educação em Ciências de formar cidadãos letrados cientificamente, pois pode favorecer quatro aspectos:

1. o desenvolvimento, por parte dos estudantes, de uma compreensão mais ampla e profunda sobre *o que sabemos*. Portanto, o envolvimento dos estudantes com a argumentação pode contribuir para que eles compreendam os conceitos científicos e consigam estabelecer possíveis relações entre eles (Duschl e Osborne, 2002; Baker, 2009; Venville e Dawson, 2010; Osborne *et al.*, 2013; Duschl, 2017).
2. o desenvolvimento de uma compreensão sobre *porque sabemos o que sabemos* (a origem dos conhecimentos aceitos pela Ciência), o que contribui para aprender Ciências de forma mais ampla uma vez que, ao invés de aceitar um conhecimento como “verdadeiro”, os estudantes podem refletir sobre a origem daquele conhecimento (Baker, 2009; Kelly, 2014; Duschl, 2017).
3. a aprendizagem dos estudantes *sobre* Ciências, uma vez que o envolvimento dos mesmos em situações argumentativas pode contribuir para que eles desenvolvam uma compreensão mais sofisticada de aspectos *sobre* Ciências. Isso porque o ensino

explícito e a reflexão sobre tais aspectos podem contribuir para que os estudantes percebam e compreendam as dimensões dos processos de produção e validação do conhecimento (Duschl e Osborne, 2002; Sandoval e Millwood, 2008; Ryu e Sandoval, 2012; Mendonça e Justi, 2013; Osborne, 2016; Duschl, 2017).

4. a criação de condições para os estudantes *fazerem Ciência*. A argumentação pode contribuir para que os estudantes vivenciem algumas práticas científicas durante os processos de construção, avaliação e comunicação do conhecimento científico gerado, o que favorece a construção de suas ideias, resultando em eles não serem apenas reprodutores ou consumidores de conhecimentos e informações produzidas por outros (Jiménez-Aleixandre e Pereiro Muñoz, 2002; Duschl, 2017).

Uma análise das pesquisas sobre essa temática na área de Educação em Ciências evidenciou que ela é abordada de duas maneiras: argumentação como produto ou argumentação como processo. A primeira foca a discussão sobre argumentação na elaboração de uma série de proposições em que uma conclusão é inferida de premissas. Por outro lado, assumir a argumentação como processo implica considerar principalmente os processos sociais dialógicos em que dois ou mais indivíduos se engajam construindo e/ou criticando argumentos e outros tipos de enunciados (van Eemeren e Grootendorst, 2004; Walton, 2006; Nielsen, 2013).

Dependendo de como as ideias de argumentação são apresentadas, o pesquisador pode entendê-las como produto que envolve apenas os núcleos dos argumentos (isto é, uma série de proposições em que uma conclusão é inferida de premissas). Porém, as sequências de argumentos também fazem parte desse conceito.

Os núcleos dos argumentos são analisados a partir de estruturas analíticas como, por exemplo, o Padrão de Argumentação de Toulmin (1958) (TAP, no inglês). Segundo Nielsen (2013), a análise dos núcleos dos argumentos é atemporal, representa a argumentação dos sujeitos de forma abstrata e passiva. Portanto, quando a análise do discurso dialógico é voltada para os núcleos dos argumentos, o discurso dialógico é reduzido a monológico, o que pode contribuir para se obter resultados pouco precisos relativos à qualidade da argumentação dos sujeitos.

Por outro lado, as sequências de argumentos consistem em uma série ordenada de

atos de fala trocados entre os participantes. Nielsen (2013) aponta que a análise das sequências pode contribuir para que o analista compreenda quando e quem falou, bem como a dinâmica de construção e avaliação de argumentos. No entanto, para Nielsen (2013), elas são ontologicamente distintas da argumentação como processo, uma vez que as sequências de argumentos são objetos passivos, enquanto a argumentação como processo é uma atividade. Nesse sentido, o analista busca investigar as intenções dos sujeitos e como estas contribuem para atingir o objetivo de um diálogo, como, por exemplo, o de explicar um fenômeno. Nesse sentido, ele está investigando a argumentação como processo.

Ao observar o desenvolvimento e/ou adaptações de ferramentas que visam analisar o processo de argumentação, mas que analisam os produtos do mesmo, percebemos que pesquisadores têm utilizado incoerentemente as duas visões de argumentação.

Uma das ferramentas mais utilizadas na área de Educação em Ciências é o TAP (Toulmin, 1958). Há algum tempo, pesquisadores têm buscado utilizá-la para analisar o processo de argumentação, porém sem obter sucesso (por exemplo, Kelly *et al.*, 1998; Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000). Isso porque, além das limitações relativas às dificuldades de distinguir os elementos constituintes de um argumento (Erduran *et al.*, 2004; Clark e Sampson, 2007a), o TAP não contribui para o analista entender as movimentações dialógicas. Em virtude disso, pesquisadores têm buscado propor adaptações ao TAP ou conjugá-lo a outra(s) ferramenta(s).

A adaptação do TAP proposta por Erduran *et al.* (2004), tanto em sua versão original (Clark e Sampson, 2007b; von Aufschnaiter *et al.*, 2008) quanto modificada (Clark e Sampson, 2008; Venville e Dawson, 2010), é uma das mais utilizadas na área de Educação em Ciências. Essa ferramenta propõe cinco níveis de qualidade de argumentação, hierarquizados com base em duas principais suposições:

- i. argumentos de alta qualidade devem conter dados, garantias ou apoio para dar suporte a uma afirmativa, visto que o desenvolvimento do raciocínio depende da capacidade de justificar e defender ideias; e
- ii. episódios argumentativos (sequências argumentativas) que contém refutações apresentam uma qualidade argumentativa maior do que aqueles que não possuem.

Isto porque o movimento de refutar tem o potencial de contribuir para se avaliar um argumento, o que pode resultar em mudanças nas ideias dos participantes.

Para utilizar essa ferramenta, o analista deve identificar os episódios argumentativos que possuem ideias opostas. Em seguida, ele deve identificar os núcleos de argumentos, classificando os elementos centrais das sequências de argumentos com base no TAP modificado, isto é, considerando os elementos dado, garantia e apoio como uma única categoria. Por fim, o analista deve classificar o nível de qualidade dos episódios argumentativos de acordo com a frequência de determinados elementos do TAP (refutador e dado/garantia/apoio).

De acordo com Erduran *et al.* (2004) e Osborne *et al.* (2004), a identificação dos episódios e dos movimentos se dá a partir de indicadores argumentativos, ou seja, palavras ou frases que indicam a presença de uma oposição entre ideias e que auxiliem na identificação dos elementos do TAP.

Assim, esta ferramenta contribui para analisar os produtos da argumentação e não o processo de argumentar. Além disso, ela possui várias limitações, como: (i) o critério para identificar argumentos e episódios de oposição não é suficiente para, por exemplo, diferenciar explicações de argumentos nem episódios de oposição dos de desafio; (ii) o significado de episódio de oposição não é bem definido, o que pode contribuir para que o analista tenha dificuldade de identifica-lo; e (iii) o critério utilizado para avaliar o nível em que uma refutação específica faz referência às evidências utilizadas em outras partes do diálogo não é descrito (Nielsen, 2013). Ademais, consideramos que medir a qualidade argumentativa a partir da frequência de determinados elementos do TAP é uma análise bastante superficial (Nussbaum, 2011), pois um argumento pode ter todos esses elementos relacionados e não contribuir para a construção do conhecimento, ou ser constituído por alguns desses elementos e contribuir para esse processo.

Ainda em relação ao uso do TAP em conjunto com ferramenta(s) que contribuem para analisar os movimentos dialógicos, Nielsen (2013) aponta que os pesquisadores devem avaliar se os princípios ontológicos das ferramentas são coerentes entre si. Se isto vem sendo realizado pelos pesquisadores, não se encontra detalhado e explicado nas publicações.

A nosso ver, para analisar a argumentação como processo, seria mais apropriado que pesquisadores desenvolvessem e/ou utilizassem ferramentas fundamentadas na teoria do diálogo do que propusessem adaptações a ferramentas que não foram criadas para este fim (como discutido por Nielsen, 2013).

No entanto, há poucas pesquisas em nosso campo que buscam investigar argumentação a partir da teoria do diálogo, como pode ser evidenciado pela revisão da literatura feita por Asterhan e Schwarz (2016) para área da Educação, assim como apontado por Nielsen (2013). Segundo Asterhan e Schwarz (2016), isso pode indicar uma direção interessante para ser explorada.

Observamos também que pesquisas que buscam investigar o ganho individual argumentativo após uma intervenção, geralmente, utilizam questionários e/ou entrevistas antes e após o processo vivenciados pelos sujeitos (por exemplo, Bell e Linn, 2000; Zohar e Nemet, 2002; Schwarz e Linchevski, 2007; Venville e Dawson, 2010; Schwarz *et al.*, 2011). Esse tipo de pesquisa é necessário para nossa área, mas o uso de questionários e/ou entrevistas pode gerar resultados superficiais e/ou incompletos. Isso porque o questionário é um instrumento escrito e estudantes apresentam geralmente mais dificuldade em se expressar na forma escrita do que na oral. Portanto, esse instrumento pode pouco contribuir para se entender a argumentação de estudantes. Além disso, questões fixas podem contribuir pouco para que estudantes expressem todas suas ideias (Cohen *et al.*, 2011). No que diz respeito à entrevista semiestruturada, embora ela seja um instrumento verbal com questões que podem ser modificadas e/ou acrescentadas, os estudantes podem responder o que elas acham que o pesquisador gostaria que eles respondessem.

Por outro lado, assim como mencionado por Asterhan e Schwarz (2016), verificamos também que algumas pesquisas buscam utilizar evidências do processo que os sujeitos vivenciaram para dar suporte aos resultados encontrados em pós-testes, implicando uma análise não aprofundada do processo, e conseqüentemente resultados menos precisos, como apontado por Asterhan e Schwarz (2016). Nesse sentido, investigar os ganhos argumentativos de indivíduos acompanhando-os durante todo o processo parece ser uma boa opção quando se almeja analisar o processo argumentativo.

Em suma,

- i. pesquisadores têm utilizado inadequadamente o conceito de argumentação como processo;
- ii. muitas pesquisas têm dado ênfase à argumentação como produto, uma vez que buscam utilizar principalmente o TAP ou sua adaptação para analisar a qualidade dos argumentos de estudantes e professores;
- iii. as ferramentas mais utilizadas não explicam e justificam os critérios lógicos (normativos) e pragmático (contextuais) para a analisar a argumentação de estudantes e/ou professores de ciências (Nielsen, 2013; Martins e Justi, 2019b). Além disso, não há a expressão e explicação, por parte dos pesquisadores, dos princípios ontológicos das ferramentas (principalmente daquelas conjugadas com o TAP ou com a sua versão modificada) e nem da coerência entre eles para justificar o seu uso de forma conjugada (Nielsen, 2013);
- iv. parece que pesquisadores não estão envolvidos no desenvolvimento e utilização de ferramentas fundamentadas na perspectiva dialética;
- v. a maioria das pesquisas que busca investigar o ganho individual argumentativo utiliza questionários e/ou entrevistas antes e após os estudantes e/ou professores terem vivenciado uma intervenção. Embora algumas delas forneçam suporte aos resultados obtidos pelo pós-teste a partir de evidências do processo, este não é analisado de forma aprofundada.

Avaliamos que os aspectos i, iii, e v podem produzir resultados subjetivos e talvez todos eles sejam as razões para a existência das controvérsias relacionadas às relações entre argumentação, aprendizagem *de* e *sobre* Ciências, e desenvolvimento argumentativo em contextos que possuem naturezas distintas.

Por exemplo, Ogan-Bekiroglu e Eskin (2012) investigaram o engajamento de estudantes de Física de 16-17 anos em argumentação científica, além de explorar possíveis relações entre o conhecimento conceitual científico de estudantes e sua argumentação. Os estudantes vivenciaram cinco situações argumentativas envolvendo diferentes conteúdos curriculares que foram implementadas como atividades após a introdução dos conceitos físicos. Os resultados da pesquisa indicam que tanto a quantidade quanto a qualidade dos argumentos gerados pelos estudantes aumentaram gradativamente até a última situação

argumentativa, visto que ao longo destas, eles elaboraram mais argumentos; produziram afirmativas sustentadas com qualificadores; e produziram argumentos, contra-argumentos e refutações apoiadas por dados e justificativas. No entanto, segundo os autores, não é possível demonstrar uma correlação entre a qualidade e a quantidade de argumentos produzidos pelos estudantes e seus conhecimentos conceituais ao longo de toda instrução uma vez que não foi encontrado aumento do conhecimento conceitual nos argumentos produzidos pelos estudantes. Este resultado aponta que a aprendizagem de conteúdo pode não estar acontecendo simultaneamente, isto é, enquanto se está discutindo o tema.

Em contrapartida, Sasseron e Carvalho (2013) encontraram um resultado diferente quanto à compreensão conceitual em situações argumentativas. Nesse estudo, as autoras analisaram a construção de argumentos de estudantes da terceira série do Ensino Fundamental com idades entre 9 e 10 anos, a partir das interações ocorridas em salas de aula de Ciências com foco tanto nas respostas dos estudantes quanto nas ações do professor para favorecer as discussões. Foram analisados dois trechos de duas sequências didáticas, uma envolvendo conceitos de Física e a outra conceitos de Biologia. Para analisar as falas dos estudantes e explorar as ações do professor, as autoras utilizaram indicadores de alfabetização científica e elaboraram categorias que se relacionam com a promoção da investigação e da argumentação em sala de aula, respectivamente. Além dessas ferramentas, elas utilizaram o TAP para examinar a estrutura lógica das ideias enunciadas. A partir da análise, as autoras apontam que os estudantes elaboraram argumentos com qualidade quando as informações estavam acessíveis a eles, evidenciando a expressão do uso do raciocínio lógico para organizar informações; e do raciocínio proporcional para ler, interpretar e examinar os dados disponíveis para construir os conhecimentos. Além disso, elas concluíram que o processo argumentativo vivenciado pelos estudantes contribuiu para que eles compreendessem sobre as relações entre conceitos importantes envolvidos em cada uma das sequências didáticas.

As controversas relações entre argumentação e aprendizagem de Ciências também são evidenciadas quando analisamos os resultados de trabalhos que as discutem em contexto sociocientífico (por exemplo, Kortland, 1996; Venville e Dawson, 2010). A hipótese de Kortland (1996) é a de que a baixa qualidade dos argumentos expressos por

estudantes está associada a seus conhecimentos sobre a questão sociocientífica e suas experiências em argumentar serem limitados. Para solucionar essa questão, o autor produziu uma unidade didática sobre resíduos de embalagens domésticas. Antes e após os estudantes de 13-14 anos terem vivenciado a unidade didática, o pesquisador aplicou um questionário que favorece a expressão de argumentos. Os resultados não forneceram suporte à hipótese do autor, pois indicaram que houve melhoria da compreensão conceitual por parte dos estudantes, porém a qualidade de seus argumentos se manteve.

Por outro lado, Venville e Dawson (2010) encontraram um resultado diferente quanto à relação entre a argumentação e a compreensão conceitual em contextos sociocientíficos. O objetivo do estudo foi investigar as relações entre a qualidade argumentativa, o raciocínio informal e a aprendizagem conceitual de estudantes de 14-15 anos quando engajados em situações argumentativas. Para investigar tais relações, foram aplicados questionários antes e após os estudantes terem vivenciado uma unidade didática sobre reprodução sexual e genética. Os resultados indicam que houve melhoria tanto na compreensão conceitual quanto na qualidade argumentativa dos estudantes, que desenvolveram argumentos racionais complexos e baseados em evidências.

Como mencionamos anteriormente, o uso de questionários para avaliar a qualidade argumentativa de estudantes pode trazer limitações para estudos da área. Tal instrumento também é limitador para se compreender em detalhes como estudantes incorporam e desenvolvem a compreensão conceitual enquanto argumentam. Por outro lado, muitas pesquisas que investigam essa relação têm utilizado tal instrumento (por exemplo, as apresentadas nos parágrafos anteriores). Por isso concordamos com a afirmativa de von Aufschnaiter *et al.* (2008) de que as principais questões dos processos pelos quais o desenvolvimento conceitual ocorre ainda são empiricamente vagas.

Asterhan e Schwarz (2016) afirmam, com base em uma revisão da literatura das pesquisas da área da Educação, que não há evidências empíricas suficientes para afirmar que existe uma relação direta entre argumentação e aprendizagem. Segundo eles, os objetos de estudo (argumentação e aprendizagem) não são bem definidos em muitas pesquisas, há uma variação extensa de métodos para investigá-los, não está claro se os ganhos de aprendizagem devem ser atribuídos à argumentação quando existem outras

variáveis presentes nas pesquisas que podem influenciar a aprendizagem, como a abordagem de ensino e a natureza das atividades. Eles também chamam atenção do leitor para as possibilidades de pesquisadores que obtiveram resultados que exibem que não houve uma melhoria na aprendizagem dos estudantes por meio da argumentação terem optado por não divulgá-los ou terem tido seus artigos rejeitados.

No que diz respeito à relação entre argumentação e NdC, pesquisas também exibem controvérsias entre estudos envolvendo ambos os contextos: sociocientífico e científico. Por exemplo, Zeidler *et al.* (2002) investigaram especificamente as relações entre a visão de NdC de estudantes e suas reações às evidências que desafiavam suas crenças a partir de uma questão sociocientífica. Grupos de estudantes (8-9 anos) e professores em formação inicial participaram deste estudo. Os dados foram coletados a partir de um questionário sobre os direitos dos animais, seguido de entrevistas. Nas conclusões, os autores apontam que, (i) em poucos casos, a visão de NdC dos estudantes se refletiu em seus argumentos; e (ii) vários estudantes basearam seus argumentos em opiniões pessoais e não obtiveram sucesso em integrar evidências científicas relevantes para dar suporte às suas posições.

Em contrapartida, McDonald (2010) obteve resultados diferentes ao investigar a mesma relação com cinco professores em formação inicial que apresentavam visões ingênuas sobre Ciências. Os dados foram coletados a partir de um questionário sobre aquecimento global, seguido de entrevistas. McDonald (2010) aponta que todos os licenciandos se engajaram em argumentação, visto que produziram argumentos, contra argumentos e refutações sustentados por múltiplas justificativas, assim como relacionaram suas afirmativas às evidências disponíveis. Em relação aos aspectos de NdC, todos licenciandos expressaram que o conhecimento científico é subjetivo, provisório e empírico em seus argumentos, bem como influenciado por aspectos culturais e sociais. Segundo a autora, esses resultados podem dar suporte à afirmativa de que engajar estudantes em argumentação pode contribuir para que eles desenvolvam suas visões de NdC.

Por outro lado, o estudo conduzido por Khishfe *et al.* (2017) apresentou um resultado ambíguo. Os autores investigaram os argumentos de estudantes entre 16-17 anos e a compreensão deles sobre NdC a partir de questões sociocientíficas envolvendo quatro

temas: aquecimento global, alimentos geneticamente modificados, chuva ácida e clonagem humana. O instrumento utilizado foi um questionário composto por esses quatro cenários e por questões que favoreciam a argumentação e a expressão de visões sobre Ciências. Análises quantitativas e qualitativas foram utilizadas para compreender as visões sobre Ciências dos estudantes relacionados a três aspectos de NdC: subjetividade do conhecimento científico, provisoriedade do conhecimento científico e conhecimento científico possui uma base empírica. A qualidade da argumentação também foi analisada considerando as seguintes habilidades argumentativas de elaborar argumento, contra-argumentar e refutar. Os resultados quantitativos não mostram correlações significativas entre a compressão de NdC dos estudantes e a qualidade de seus argumentos. Tais resultados fornecem suporte à conclusão encontrada por Zeidler *et al.* (2002). No entanto, os resultados qualitativos exibem que estudantes que desenvolveram mais seus argumentos também exibiram uma visão menos ingênua sobre Ciências. Estes resultados fornecem suporte à conclusão encontrada por McDonald (2010).

No contexto científico, Sandoval e Morrison (2003) descrevem as concepções epistemológicas expressas por oito estudantes de 14-15 anos, entrevistados antes e depois de uma unidade de investigação sobre seleção natural e evolução, que durou quatro semanas. Um dos resultados da pesquisa aponta que as ideias dos estudantes sobre Ciências (por exemplo, o significado de teorias e evidências), e as formas como os dados podem ser gerados (por exemplo, por meio de experimentos empíricos) parecem não ter mudado após a aplicação da unidade investigativa. Em geral, suas visões finais foram as de que 'a Ciência é uma atividade que busca por respostas', e 'experimentos fornecem evidências definitivas a favor ou contra as ideias'. No entanto, os pesquisadores observaram um paradoxo nas respostas dos estudantes durante a entrevista, visto que ao mesmo tempo que suas respostas individuais a diferentes questões sobre teorias científicas e experimentação variaram amplamente em todos os níveis epistemológicos, elas exibiam ideias consistentes sobre as mesmas. A partir desses resultados, Sandoval e Morrison (2003) sugerem que a participação de estudantes em investigações tem pouca influência sobre o entendimento de NdC quando não se dá a devida atenção às suas ideias sobre epistemologia. Então, simplesmente pedir aos estudantes para explicar seus pontos de vista sobre as relações entre entidades epistemológicas (como teorias, hipóteses e

experimentos) pode não favorecer suas capacidades de trabalhar com teorias, construir explicações e conduzir experimentos. O que se precisa, de acordo com esses pesquisadores, é desenvolver um discurso epistêmico que possa ajudar os estudantes a articular suas concepções epistemológicas de uma forma que daria suporte a eles no desenvolvimento de uma visão mais sofisticada *sobre* Ciências.

Em contrapartida, no estudo conduzido por Sandoval e Millwood (2005), foram encontrados resultados que apoiam o inverso, isto é, que a compreensão epistemológica fornece suporte a decisões epistêmicas. Esses autores investigaram a qualidade dos argumentos produzidos por estudantes de ensino secundário em uma sala de aula de Biologia. Para isso, analisaram os conteúdos dos argumentos escritos como resposta a dois problemas que envolviam a teoria de evolução de Darwin. Nessa análise, eles tiveram como propósito explicar as relações entre a compreensão conceitual dos estudantes concernentes a um determinado domínio e suas compreensões epistêmicas das práticas científicas, isto é, entender como as concepções epistemológicas dos estudantes se manifestam durante a investigação, e como elas podem ser construídas a partir da instrução. O estudo foi baseado na teoria de explicações causais. A hipótese dos autores era a de que o comprometimento epistemológico implícito dos estudantes influenciaria como eles davam suporte ou refutavam uma determinada afirmativa, assim como a maneira pela qual eles usavam esses dados em suas explicações escritas. Os resultados desta pesquisa apontam que, apesar de os estudantes estarem atentos à necessidade de mencionar evidências para embasar suas afirmativas, eles muitas vezes deixavam de citá-las. Além disso, os estudantes tiveram dificuldades de articular evidências específicas a afirmativas distintas. Outro resultado desta pesquisa foi o de que os estudantes apresentaram um excesso de confiança nos dados, o que gerou convicção em relação à veracidade de suas afirmativas. Considerando esses resultados, Sandoval e Millwood (2005) concluem que os estudantes que apresentam uma visão ingênua *sobre* Ciências podem não fornecer explicações ou justificativas específicas para suas afirmativas.

Em 2008, Sandoval e Millwood conduziram um estudo com 33 estudantes de 12-13 anos com o objetivo de investigar as ideias deles *sobre* Ciências e como eles justificam suas afirmativas quando participam de uma unidade didática sobre as adaptações evolutivas de

plantas no ambiente. Inicialmente foi aplicado um questionário para investigar as ideias dos estudantes sobre Ciências. A análise das respostas apontou que eles apresentavam uma visão ingênua sobre a mesma. Após os estudantes terem vivenciado a unidade didática, foi solicitado a eles escrever um ensaio sobre porque as plantas são diferentes, assim como responder novamente o questionário aplicado antes da instrução. Os resultados indicam que a maioria dos estudantes conseguiu articular as afirmativas, porém não as sustentou a partir de justificativas. Durante as entrevistas individuais, a maioria dos estudantes explicitou o conceito de justificativa, mas menos de 25% deles forneceram justificativas, explicitamente, em suas atividades escritas. Os autores mencionam que isso pode ter ocorrido devido à falta de motivação por parte dos estudantes em explicitar evidências (na forma de justificativas), uma vez que a única audiência que eles deveriam convencer a partir de seus argumentos escritos era seu professor e que o principal objetivo deles era responder corretamente as questões. Tal resultado fornece suporte à conclusão de que engajar estudantes em argumentação pode não contribuir para que eles desenvolvam visões mais adequadas sobre Ciências.

Com base na descrição destas pesquisas que investigaram a relação entre argumentação e NdC, identificamos uma ênfase na análise da argumentação como produto e a qualidade da argumentação/argumento sendo associada à presença ou não de afirmativa, dado, qualificador, garantia e/ou refutador, à frequência desses elementos e de como são articulados pelos estudantes – aspectos mencionados no início desta seção. Identificamos também uma tendência de os pesquisadores selecionarem aspectos de NdC para serem investigados a partir de listas de princípios de ciência (como a de Lederman (1992)). Por fim, notamos o uso intensivo de questionário e/ou entrevista para avaliar tal relação.

A nosso ver, para que o conhecimento sobre relação entre a argumentação e NdC avance são necessárias pesquisas que investiguem o *processo argumentativo*, o que pode contribuir para entender mais profundamente tal relação. Para isso, devem ser utilizados instrumentos de coleta e análise dados coerentes com o propósito da pesquisa. Nesse sentido, instrumentos de coleta de dados que possibilitem engajar os estudantes, em grupo, em situações que envolvem a resolução de um problema real ou que simulam

qualquer aspecto da vida cotidiana podem contribuir para que o analista obtenha mais elementos sobre como os estudantes veem a ciência (Martins e Justi, 2019a).

No que diz respeito aos instrumentos de análise de argumentação, também é coerente utilizar aqueles focados no processo argumentativo. Analisar tal processo e não apenas argumentos e sua estrutura pode contribuir para uma compreensão mais profunda das visões dos estudantes *sobre* ciências, uma vez que o ato de argumentar envolve também outros tipos de enunciados argumentativos (como explicações e perguntas), que podem ser usados ao expressar ideias (Martins e Justi, 2019a).

Além disto, em relação a instrumentos de análise de visões de estudantes *sobre* Ciências, avaliamos que aqueles que consideram a existência de ciências distintas (Biologia, Física, Geologia, Química etc.) podem contribuir para capturar os aspectos contextuais da ciência e não reforçar uma série de estereótipos. Isso pode favorecer uma compreensão ampla e menos subjetiva das visões dos estudantes sobre NdC (Martins e Justi, 2019a).

Por fim, quanto à relação entre a argumentação e o seu desenvolvimento em contextos de naturezas distintas, no estudo conduzido por Osborne *et al.* (2004), os pesquisadores encontraram que estudantes de 12-13 anos desenvolveram melhor seus argumentos em contextos sociocientíficos do que em científicos. Por outro lado, nas pesquisas conduzidas por Kortland (1996), Harris e Ratcliffe (2005), Albe (2008), Khishfe (2012) e Khishfe (2014), os autores encontraram que estudantes apresentaram dificuldades em argumentar em contextos sociocientíficos. Por exemplo, Khishfe (2012) observou que a maioria dos estudantes investigados apresentou argumentos limitados quando os produziu com justificativas válidas, justificativas inválidas ou nenhuma justificativa em dois contextos sociocientíficos: alimentos geneticamente modificados e fluoretação da água.

Com base no que discutimos nessa seção, defendemos também a condução de pesquisas que investiguem o processo argumentativo, pois elas podem contribuir para compreender de forma ampla e detalhada as relações entre argumentação e aprendizagem de Ciências e *sobre* Ciências em diferentes contextos e níveis de ensino, uma vez que não estarão apenas considerando o produto, mas também como este foi gerado. Defendemos também que tais pesquisas utilizem metodologias de coleta e análise de dados claras, consistentes e coerentes com os propósitos da pesquisa pois, caso contrário, resultados

inadequados para os propósitos das mesmas podem ser produzidos.

## 2.4 Referencial teórico de argumentação

A partir da problemática discutida na seção anterior e dos objetivos deste estudo, optamos por selecionar um referencial teórico de argumentação que fosse fundamentado na teoria do diálogo.

Ao buscar artigos sobre a temática argumentação no ensino de Ciências e lê-los na íntegra para construir a seção anterior deste capítulo, identificamos dois referenciais fundamentados na teoria do diálogo que são citados, mas pouco utilizados para analisar argumentação de estudantes: o de van Eemeren e colaboradores e o de Walton e colaboradores. As principais referências citadas foram: van Eemeren *et al.* (2002), van Eemeren e Grootendorst (2004), Walton (2006) e Walton *et al.* (2008). Por ter familiaridade com o referencial teórico de Walton, temos ciência que a referência de 2006 abarca mais discussões sobre a teoria do diálogo do que a de 2008. No que diz respeito às referências de van Eemeren *et al.* (2002) e van Eemeren e Grootendorst (2004), identificamos, a partir da leitura de alguns de seus capítulos, que a referência de 2004 explora outros elementos da teoria do diálogo, além daqueles presentes na referência de 2002. Portanto, neste estudo, apresentamos e analisamos os referenciais teóricos de van Eemeren e Grootendorst (2004) e Walton (2006)<sup>15</sup> nos próximos tópicos separadamente, de maneira a justificar a seleção do mais adequado para ser utilizado em nesta pesquisa.

---

<sup>15</sup> Para dar suporte à conclusão de que os referenciais de van Eemeren e Grootendorst (2004) e Walton (2006) são citados em nossa área, buscamos no google acadêmico os perfis desses pesquisadores. Nesse portal é possível saber o número total de citações de cada pesquisador, assim como o número de citações discriminado de seus trabalhos mais relevantes. Nesta busca, encontramos apenas o perfil de Douglas Walton. Neste, o livro "Fundamentals of Critical Argumentation" foi citado 664 vezes, sendo que 291 dessas citações foram feitas por pesquisadores da área de Educação em Ciências. Por outro lado, para identificar o número de citação do livro "A Systematic Theory of Argumentation the Pragma-Dialectical Approach", digitamos seu nome no google acadêmico. Das 2181 citações que esse livro obteve até o momento em que essa tese foi escrita (segundo semente de 2019), 748 foram feitas por pesquisadores da área de Educação em Ciências.

#### 2.4.1 Apresentação do referencial teórico de van Eemeren e Grootendorst e análise crítica de seu uso na Educação em Ciências

Segundo van Eemeren e Grootendorst (2004), a argumentação pode ser compreendida como atividade verbal, social e racional, que tem como intuito convencer uma audiência da aceitabilidade de um ponto de vista a partir de um conjunto de proposições que o justifiquem. Nesse sentido, essa prática pode envolver a comunicação por meio verbal e interações entre pessoas que devem utilizar justificativas ao apresentar argumentos<sup>16</sup> visando defender um ponto de vista durante um processo de resolução de diferença de opinião. Essa diferença pode ser assimétrica (quando uma das partes defende uma posição enquanto outra discorda da mesma sem apresentar um ponto de vista) ou simétrica (quando as partes defendem posições contrárias).

A teoria destes autores é composta por *categorias descritivas* que caracterizam um modelo ideal de discussão crítica, bem como regras que os sujeitos devem seguir para que a discussão seja crítica e assim se mantenha até que seu objetivo de solucionar uma questão-problema seja atingido.

As *categorias descritivas* são utilizadas para caracterizar diferentes aspectos da *diferença de opinião* e do *processo de resolução do desacordo* em uma etapa que antecede a de se avaliar se e como o discurso argumentativo dos sujeitos em interação se aproxima de uma discussão ideal. Tais categorias podem ser combinadas de maneiras diferentes, sem que haja juízo de valor entre as combinações, ou seja, não existe uma combinação que seja melhor do que outra.

A categoria *diferenças de opinião* pode ser caracterizada a partir de dois aspectos: o tipo de oposição dirigido a um ponto de vista (assimétrico ou simétrico); e o número de proposições que são discordadas em uma discussão.

A categoria *processo de resolução do desacordo* é caracterizada a partir de quatro aspectos:

---

<sup>16</sup> Para van Eemeren e Grootendorst (2004), argumento pode ser uma afirmação, elemento ou ideia utilizado(a) para dar suporte a uma posição.

- os posicionamentos dos participantes, que podem ser o de defender ou o de ser contrário a um ponto de vista;
- as relações entre as diferenças de opinião, que podem ser múltiplas, uma vez que para solucionar um problema pode ser necessário discutir aspectos específicos. Assim, uma discussão pode ser constituída por relações hierarquizadas entre tais aspectos;
- as relações estruturais entre os elementos que sustentam o ponto de vista e os argumentos a ele relacionados; e
- a comunicação implícita ou explícita. A comunicação implícita ocorre frequentemente em diálogos em que o tempo para discutir um determinado assunto é curto ou limitado, e os sujeitos são de uma mesma cultura e/ou convivem entre si. Tais aspectos influenciam as pessoas a não expressar todos os elementos de seu raciocínio (Macagno, 2018).

Sobre as *categorias normativas*, van Eemeren e Grootendorst propõem algumas normas de conduta que são utilizadas para interpretar e avaliar o discurso desenvolvido pelos sujeitos. São elas:

- Regra da liberdade: cada uma das partes não deve evitar ou impedir que a outra avance no seu ponto de vista;
- Regra do ônus da prova: a parte que é convidada por outra a defender um ponto de vista é sempre obrigada a aceitar esse convite, a menos que a primeira não esteja preparada para aceitar qualquer premissa compartilhada e as regras de discussão;
- Regra do ponto de vista: a parte que ataca um ponto de vista deve se ater ao ponto de vista que foi mencionado pela outra parte;
- Regra da relevância: os pontos de vista de cada parte apenas podem ser defendidos com argumentos relacionados a eles;
- Regra das premissas não expressas: nenhuma das partes pode apresentar falsamente como premissa algo que não foi expresso pela outra parte, ou negar uma premissa que ficou apenas implícita;

- Regra do ponto de partida: nenhuma das partes pode apresentar falsamente uma premissa como um ponto de partida aceito ou negar uma premissa que tenha sido aceita como ponto de partida;
- Regra do esquema do argumento: um ponto de vista não pode ser considerado como defendido se a defesa não utilizou esquemas de argumentação apropriados;
- Regra da validade: as partes devem utilizar raciocínios logicamente válidos ou ser capazes de torná-los válidos por meio da explicitação de premissas não expressas;
- Regra do fecho: uma defesa falha de um ponto de vista deve resultar na retirada do ponto de vista defendido, enquanto uma defesa bem-sucedida de um ponto de vista deve resultar na retirada das dúvidas que foram lançadas sobre ela; e
- Regra do uso: nenhuma das partes pode utilizar formulações que sejam insuficientemente claras ou confusamente ambíguas. Além disso, ambas as partes devem interpretar cuidadosamente, e com o maior rigor possível, as formulações da outra parte (van Eemeren *et al.*, 2002).

Como mencionamos anteriormente, a definição de argumentação proposta por van Eemeren e Grootendorst (2004) é citada na área de Educação em Ciências por caracterizar a argumentação de forma ampla e detalhada. Por outro lado, este referencial é pouco utilizado nesta área para analisar argumentação de estudantes e/ou professores. Em nossa revisão de literatura<sup>17</sup>, encontramos apenas sete trabalhos que utilizaram aspectos do

---

<sup>17</sup> Esse levantamento foi realizado da seguinte forma: i) busca de artigos internacionais e nacionais; ii) organização de informações gerais dos artigos; iii) leitura dos artigos na íntegra e iv) construção de resumos estruturados. Com relação aos artigos internacionais, a busca foi realizada no banco de dados ERIC. Inicialmente, foram utilizadas palavras chave *argumentation theory* e *science education*. 69 resumos foram lidos a fim de observar se a teoria de argumentação de van Eemeren e colaboradores foi utilizada como ferramenta analítica. Quando os autores não apresentavam o instrumento de análise no resumo, líamos a parte metodológica do artigo. Com base nessa busca, não encontramos nenhum artigo que utilizou o referencial de van Eemeren e colaboradores na análise da argumentação de estudantes e/ou professores. Em função disso, fizemos uma nova busca com outras palavras chave, que poderiam contribuir para direcionar o objetivo de nossa busca: *normative pragmatics*, *science education* e *argumentation*. Apenas dois resumos foram encontrados, lidos na íntegra e selecionados, visto que usaram aspectos do referencial de van Eemeren e colaboradores na análise de dados. No que diz respeito aos artigos nacionais, temos conhecimento de apenas um grupo de pesquisa que tem utilizado alguns elementos do referencial van Eemeren *et al.* (2002) na análise da argumentação em sala de aula; aquele coordenado pela professora Dra. Danusa Munford. Assim, acessamos o currículo dessa professora disponibilizado na plataforma Lattes do CNPq e encontramos três artigos nacionais e um capítulo de livro internacional que utilizaram o referencial de van Eemeren e colaboradores na análise de dados. Também tivemos acesso a um

referencial de van Eemeren e colaboradores em nosso campo para analisar a argumentação de estudantes e/ou professores: Bortoletto e Carvalho (2009), Nielsen (2012b), Nielsen (2012b) Nielsen (2012a), Souto e Munford (2014), Souto e Munford (2015), Franco e Munford (2017) e Franco e Munford (2018).

Nos estudos conduzidos pelo grupo de pesquisa brasileiro, os autores adaptaram e utilizaram os elementos descritivos do referencial de van Eemeren *et al.* (2002) para investigar a argumentação de estudantes de idades variadas em aulas de ciências a partir de uma perspectiva etnográfica. Por outro lado, nos estudos conduzidos por Nielsen (2012a, 2012b), alguns elementos normativos da teoria pragma-dialética foram utilizados para compreender como estudantes desenvolvem e expressam mensagens para influenciar as decisões dos colegas em uma discussão sociocientífica; além de como e quando eles recorrem aos conhecimentos científicos em discussões dessa natureza.

Em tais estudos, os pesquisadores apontam que a potencialidade do referencial de van Eemeren está em seu conceito de argumentação ser amplo, uma vez que aborda três dimensões: social, racional e verbal; e em seus elementos descritivos, que permitem caracterizar as situações argumentativas valorizando e dando visibilidade ao que é discutido na situação analisada. Tais aspectos podem contribuir para se compreender a argumentação de uma forma ampla e detalhada.

Por outro lado, este referencial apresenta limitações que devem ser consideradas pelo pesquisador antes de adaptá-lo para o, e/ou utilizá-lo no, contexto de Educação em Ciências. Uma das principais limitações do uso do referencial de van Eemeren e Grootendorst (2004) na Educação em Ciências está relacionada às regras de conduta que os participantes devem seguir para que a discussão seja crítica. Em um contexto de ensino e aprendizagem, os estudantes dificilmente seguirão todas elas, visto que não são experts

---

outro trabalho nacional a partir da leitura de uma das teses de um dos membros do Grupo de Pesquisa REAGIR. Por fim, buscamos diretamente nos periódicos nacionais melhor avaliados no Qualis CAPES de 2016 – *Ciência & Educação, Ensaio, Investigações em Ensino de Ciências, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* – considerando o período de 2002 a 2019. Encontramos apenas dois artigos que já tinham sido obtidos a partir da busca feita no currículo da professora Danusa Munford. Após a leitura na íntegra dos sete trabalhos, construímos resumos estruturados para cada um deles, com as seguintes informações: objetivos, características dos participantes e contexto instrucional, desenho de pesquisa e métodos, principais resultados, conclusões e implicações educacionais.

em argumentação. Por exemplo, no estudo conduzido por Bortoletto e Carvalho (2009), as autoras constataram que os estudantes construíram argumentos falaciosos, inconclusivos e, às vezes, fora do limite do contexto (violação da regra de conduta ao tratar sobre posição não expressa anteriormente), bem como tomaram decisões sobre um ponto de vista de forma não colaborativa em busca do consenso (e sim de uma maneira individual, a partir de apontamentos individuais e estratégicos). Esses resultados fornecem suporte à ideia de que em contextos de sala de aula, os estudantes tendem a não construir uma discussão crítica ideal, e sim real. Portanto, o uso das regras para análise da argumentação de estudantes parece pouco valorizar a argumentação deles e pouco contribuir para se compreender como os estudantes realmente argumentam, pois apenas sinaliza se o discurso dos sujeitos se aproxima ou não de um ideal de discussão. Ademais, a nosso ver, o uso das normas de conduta para fins pedagógicos pouco contribuiria para que os estudantes desenvolvessem uma argumentação de qualidade, visto que, muito provavelmente, elas constituiriam uma lista a ser seguida, ao invés de algo funcional, isto é, que envolvesse estratégias de ensino e aprendizagem contextualizadas para favorecer o engajamento dos estudantes em argumentação.

Outra limitação desse referencial se relaciona à dificuldade do analista em identificar, entre as várias diferenças de opinião, qual é a mais ampla, qual(is) é(são) a(s) diferença(s) de opinião mais específica(s) e quais as relações hierárquicas entre elas (Souto e Munford, 2014).

Uma terceira limitação está relacionada à categoria descritiva *comunicação indireta*. A identificação das proposições implícitas em um diálogo é um dos grandes desafios para os analistas uma vez que, apesar de considerarem o contexto como relevante, os autores não propõem critérios aos quais os analistas devem recorrer para realizar esse processo.

O fato de os autores considerarem que apenas no diálogo crítico pode-se obter uma argumentação de alto nível é também outro aspecto limitante desse referencial. Segundo van Eemeren e Grootendorst (2004), apenas nesse tipo de diálogo os sujeitos têm a possibilidade de construir argumentos relevantes e bem fundamentos para defender uma posição e/ou atacar a posição contrária. Com base nessa afirmativa, podemos inferir que em alguns diálogos (como o que busca desenvolver explicações), a argumentação não

poderá ter esse nível qualidade. No entanto, essa afirmativa vai de encontro aos resultados de pesquisas que têm indicado uma melhoria na qualidade da argumentação dos estudantes, como a elaboração de argumentos bem estruturados e complexos, durante o processo de desenvolvimento e avaliação de uma explicação para um fato ou fenômeno (por exemplo, Sandoval e Millwood, 2008; Mendonça e Justi, 2013).

Por fim, apesar de o conceito de argumentação de van Eemeren e Grootendorst (2004) ser amplo, ele é restrito em termos de considerar apenas dois tipos de diferença de opiniões: uma das partes possui uma posição enquanto outra discorda dessa posição sem apresentar um ponto de vista; e as partes possuem posições contrárias. Segundo Baker (2009), situações argumentativas podem também ocorrer quando uma das partes está em dúvida sobre uma ou duas teorias e a outra parte pode (ou não) auxiliar na avaliação da(s) mesma(s).

#### **2.4.2 Apresentação do referencial teórico de Walton e análise crítica de seu uso no contexto de Educação em Ciências**

Segundo Walton (2006), argumentar é um processo dinâmico no qual uma cadeia de argumentos (constituída por argumentos que se relacionam) é elaborada para atingir um objetivo em um diálogo. Nesse contexto,

- o termo argumento é entendido como uma razão, ou um conjunto de razões, que oferece suporte a, ou crítica, uma conclusão para atingir objetivos dialógicos, que podem ser diferentes. A conclusão é entendida como uma proposição questionável que pode estar comprometida com a posição ou ser a posição que está sendo defendida.
- o termo diálogo é entendido como uma estrutura de conversação que envolve a elaboração de perguntas e respostas (argumentos e/ou explicações) entre duas ou mais partes que raciocinam de modo organizado, de acordo com regras de educação, e colaborativamente na elaboração de argumentos apropriados para cada tipo de diálogo.

Com base nessas definições, podemos dizer que Walton considera que o argumento pode ser visto de duas maneiras: uma relacionada à sua estrutura e a outra ao seu papel pragmático ou dialógico quando expresso em um diálogo.

Segundo Walton (2006), os argumentos são difíceis de serem identificados e delimitados em um diálogo. Para ajudar o analista nesse processo, ele propõe três critérios:

- identificar palavras que indicam razões e conclusões;
- identificar como as premissas se relacionam com a conclusão. Se as premissas são necessárias para dar suporte à conclusão, há apenas um argumento. Mas se as premissas fornecem suporte à conclusão separadamente, isto é, cada uma delas é uma rota independente para sustentar a conclusão, então há dois argumentos; e
- identificar os esquemas de argumentação. Estes são padrões abstratos mais comuns de argumentos utilizados no discurso do dia-a-dia e em contextos específicos (como argumentação nos campos científico e do direito).

Além disso, em um diálogo, um argumento é visto como sendo plausível de ser aceito ou não por um sujeito, ou grupo em um determinado contexto. Para Walton (2006), um argumento apenas 'derrota' o outro, se for direcionado a ele e se remover os suportes do primeiro argumento. Isso significa que um argumento pode ser retomado mais tarde em um diálogo, caso ainda ele possua suportes. Nesse contexto, a avaliação de argumentos pode ocorrer a partir de duas formas básicas de ataque: refutação e questionamento. A refutação fornece razões que mostram que o argumento de outra parte não prova o que ele supôs que provaria. Por outro lado, o questionamento levanta dúvidas e/ou indica os pontos fracos sobre/do argumento, mas sem exibir as razões. Os dois tipos de ataque podem ser direcionados à conclusão, à(s) premissa(s) ou à relação entre a(s) premissa(s) e a conclusão do argumento de outra parte.

A definição de argumentação de Walton (2006) considera a existência de relações entre argumentos, as quais podem ser identificadas a partir dos seguintes critérios:

- utilização da conclusão de um argumento como premissa de outro argumento. Nessa situação, o enunciado que se repete apresenta função dual e a relação é de suporte: o primeiro argumento fornece suporte ao segundo. Para que uma relação seja classificada como de suporte, uma premissa deve ser razão de outra premissa

ou de uma conclusão. Então, quando há argumentos diferentes, o enunciado que se repete deve ter função dual (conclusão em um argumento e premissa no outro) para que haja relação de suporte entre os argumentos;

- utilização de uma das premissas de um argumento para elaborar outra conclusão. Nesse caso, o relacionamento entre argumentos não é de suporte; e
- existência de uma mesma conclusão para duas premissas que exibem rotas independentes. Nessa situação, também há relacionamento entre os argumentos, mas não de suporte.

Além disso, para esse autor, o diálogo argumentativo não é apenas constituído por argumentos e questões, mas também pode apresentar explicações. Essas têm a função de esclarecer ou ajudar um sujeito a entender algo por meio de termos com os quais os participantes do diálogo já estão familiarizados<sup>18</sup>. Para diferenciá-las dos argumentos, Walton (2006) afirma que o analista deve observar: o contexto de discussão; a natureza das questões; e o propósito do raciocínio utilizado.

Como mencionamos anteriormente, em contextos dialógicos, os participantes podem não expressar todas as razões e conclusões. Por isso, Walton (2006) apresenta critérios aos quais o analista pode recorrer quando houver a necessidade de realizar inferências: observar se o argumento fornece suporte à posição do sujeito no diálogo ao adicionar a premissa ou conclusão não explicitada; e se o participante está comprometido com a conclusão ou premissa inferida, isto é, se ela se relaciona com a posição que está sendo defendida ou fornece suporte a ela.

Segundo Walton (2006), a argumentação pode ocorrer em sete tipos de diálogos, que podem também ser combinados pelos indivíduos. São eles:

- *negociação*: caracterizado pelo conflito de interesses, geralmente financeiros ou pessoais. O objetivo desse diálogo é que os participantes cheguem em um acordo aceitável por meio de argumentos, enquanto o objetivo dos participantes é obter vantagens pessoais;

---

<sup>18</sup> Há situações em que a explicação pode exercer o papel de conclusão, por exemplo quando há duas explicações concorrentes elaboradas para um mesmo fenômeno. Nesse contexto, os sujeitos fornecem razões e/ou argumentos para dar suporte a elas e/ou refuta-las (Walton, 2014).

- *descoberta*: caracterizado pela situação inicial de necessidade de propor uma explicação para fato(s). Nesse tipo de diálogo, primeiramente os sujeitos compartilham seus conhecimentos prévios. Em seguida, eles discutem como as informações apresentadas podem ser utilizadas e avaliam as hipóteses que apresentaram por meio de argumentos. Por fim, com base em todo o processo, eles propõem conclusões. Neste caso, os objetivos dos participantes são encontrar e defender a hipótese mais adequada para ser testada e o objetivo do diálogo é propor uma explicação. Esse tipo de diálogo tende a ser colaborativo e não competitivo;
- *persuasão*: caracterizado pela situação inicial de conflito de opiniões ou ideias. Tal conflito pode ser de natureza de disputa (uma das partes, X, apresenta uma posição a favor ou contra um determinado assunto e outra parte, Y, expressa uma posição contrária à de X) ou de discórdia (uma das partes, X, apresenta uma posição a favor ou contra um determinado assunto e outra parte, Y, duvida ou discorda de X). Nesse tipo de diálogo, o proponente tenta convencer o respondente a aceitar a conclusão dele a partir de argumentos que fornecem suporte à sua ideia e/ou que removem as dúvidas do respondente. O objetivo desse diálogo é resolver ou esclarecer um problema, ao passo que o dos participantes é persuadir a outra parte. Esse tipo de diálogo tende a ser mais competitivo do que colaborativo;
- *deliberação*: caracterizado pela situação inicial de ser necessário deliberar sobre um curso de ação (uma possível solução para um problema), ou tomar uma decisão relacionada a ele para solucionar um problema. Em um primeiro momento, os participantes expressam os possíveis cursos de ação. Em seguida, eles podem se dividir, cada um apoiando o curso de ação que considera plausível para solucionar o problema. Depois disso, as partes expressam argumentos a favor e contra as sugestões. Por fim, as partes decidem, após examinar todos os argumentos, qual curso de ação é o melhor para solucionar o problema. O objetivo desse diálogo é que os participantes decidam/encontrem o melhor curso de ação para resolver o problema, enquanto o objetivo dos participantes é coordenar metas e ações nesse sentido. Esse tipo de diálogo tende a ser colaborativo e não competitivo;

- *erística*: caracterizado pela situação inicial de conflito pessoal entre os participantes que possuem posições diferentes. Nesse contexto, ao invés de as partes, ou uma delas, atacar(em) argumentos, ela(s) ataca(m) a pessoa visando mostrar que sua posição é melhor do que a da outra pessoa. Portanto, neste tipo de diálogo, o participante não admite estar errado, mesmo se a outra parte apresentar argumentos que demonstrem isso. Assim, o objetivo dos participantes é derrotar verbalmente o oponente e o do diálogo é revelar as bases mais profundas do conflito. Esse tipo de diálogo é competitivo;
- *procura de informação*: caracterizado pela situação inicial de necessidade de informação. No primeiro momento, pode parecer que esse tipo de diálogo não seja argumentativo, mas atos argumentativos podem ocorrer nos processos de obtenção de informações solicitadas e na análise de suas qualidades. Por exemplo, uma das partes, X, presume que a outra parte, Y, possui informações de que ela, X, necessita ou quer obter. Y tenta fornecer as informações que são relevantes para que X consiga tomar a decisão. Neste caso, o objetivo do diálogo é trocar informações e o dos participantes é fornecer ou solicitar tais informações. Esse diálogo tende a ser colaborativo e não competitivo; e
- *investigação*: caracterizado pela situação inicial de necessidade de obter uma evidência decisiva para provar se determinada conclusão é verdadeira ou falsa, mesmo na presença de um conjunto de dados relevantes. Seu objetivo é provar ou refutar hipóteses e o dos participantes é encontrar e verificar provas para isto. Atos argumentativos podem ocorrer ao elaborar a conclusão sobre a hipótese a partir de premissas que são fundamentadas em evidências. Esse tipo de diálogo tende a ser colaborativo e acontece, por exemplo, em estágios finais de uma pesquisa científica (Walton, 2006; 2010).

Por fim, Walton (2006) expressa o conceito de relevância, que é visto como a importância dos enunciados de um diálogo para atingir seu objetivo. Segundo esse autor, a análise da relevância de um enunciado está associada ao contexto e tipo de diálogo em que ele foi expresso. Por exemplo, argumentos que apelam ao medo podem ser considerados relevantes em determinados contextos, como aquele em que se tenta

convencer a outra parte de que as pessoas devem parar de fumar, pois o cigarro traz consequências negativas para a saúde humana.

A partir da revisão da literatura que realizamos visando compreender o uso do referencial de Walton (2006) para analisar argumentação de estudantes de Ciências<sup>19</sup>, observamos que maioria dos estudos (por exemplo, Duschl e Ellenbogen, 1999; Jiménez-Aleixandre e Pereiro Muñoz, 2002; Martins *et al.*, 2016) geralmente utiliza e/ou adapta a ferramenta analítica de Walton *et al.* (2008), a qual é fundamentada no referencial teórico de Walton (2006). Em tais estudos, os pesquisadores têm apontado algumas contribuições do uso dessa ferramenta, como (i) dar suporte a uma análise mais refinada da qualidade dos argumentos produzidos pelos estudantes em comparação ao modelo de Toulmin (1958), que utiliza categorias muito gerais e abrangentes para caracterizar os argumentos; (ii) caracterizar o discurso argumentativo dos estudantes; (iii) valorizar a argumentação dos estudantes em termos de considerar como válidos os tipos mais comuns de argumentos expressos por eles; (iv) poder ser utilizada em situações que envolvem contextos de naturezas diferentes, como, por exemplo, os de discussão de temas científicos e sociocientíficos.

Além do reconhecimento das vantagens do uso da ferramenta, alguns pesquisadores (por exemplo, Martins *et al.*, 2016) têm apontado suas limitações, como:

---

<sup>19</sup> Como ocorreu em outras buscas na literatura realizadas neste trabalho, esse levantamento envolveu: i) busca de artigos internacionais e nacionais; ii) organização de informações gerais dos artigos; iii) leitura dos artigos na íntegra e iv) construção de resumos estruturados. Com relação aos artigos internacionais, a busca foi realizada no banco de dados ERIC. As palavras chave utilizadas foram: *science education* e *argumentation schemes*; *science education* e *dialogue theory*. Dos 163 resumos que lemos, apenas 30 foram selecionados em função de: explicitarem o uso dos esquemas de argumentação de Walton ou não explicitaram o referencial utilizado para analisar os esquemas no resumo; e explicitarem o uso da teoria de diálogo de Walton ou não expressarem o referencial utilizado para analisar os diálogos argumentativos no resumo. No que diz respeito aos artigos nacionais, estes foram levantados a partir de uma busca direta nos sites dos periódicos *Ciência & Educação*, *Ensaio: Pesquisa e Educação em Ciências*, *Investigações em Ensino de Ciências*, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* considerando os 10 últimos anos. Selecionamos apenas dois estudos ao utilizar os mesmos critérios de seleção para os artigos internacionais. Dados preliminares foram lançados em planilhas com informações gerais. Após a leitura na íntegra dos 32 artigos, identificamos que apenas nove utilizaram e/ou adaptaram o referencial teórico de Walton. Em seguida, construímos resumos estruturados para cada um desses estudos, com as seguintes informações: objetivos, características dos participantes e contexto instrucional, o desenho de pesquisa e métodos, principais resultados, conclusões e implicações educacionais.

- possuir um número grande de esquemas (60), o que pode dificultar seu uso. Segundo Clark e Sampson (2007a), referenciais analíticos que possuem muitos critérios ou categorias podem ser difíceis de serem utilizados pelos analistas; e
- apresentar uma distinção tênue entre os esquemas, pois um pode ser o desdobramento de outro, o que pode resultar em uma análise não tão precisa.

Recentemente, como mencionamos no capítulo 1 desta tese, desenvolvemos uma ferramenta analítica fundamentada em algumas ideias de Walton (2006), em específico as relacionadas à análise de diálogos argumentativos críticos<sup>20</sup>, para compreender os raciocínios argumentativos de estudantes de Química do Ensino Médio (Martins e Justi, 2019b). Que seja de nosso conhecimento, este é o único trabalho da área de Educação em Ciências que busca propor uma ferramenta analítica a partir deste referencial teórico.

Para nós, a potencialidade do referencial de Walton (2006) está em ele:

- ser dialético e pragmático. O aspecto dialético está relacionado à estrutura de conversação em um diálogo. Por outro lado, o aspecto pragmático está relacionado à compreensão da linguagem como forma de ação; e
- apresentar e explicar os critérios lógicos (normativos) e pragmáticos (descritivos, contextuais) para identificar argumentos e explicações, e para analisar relações entre argumentos, argumentos e questões, e elementos de um argumento.

Tais aspectos podem contribuir para compreender o processo de argumentação de forma detalhada e ampla (Martins e Justi, 2019b).

Por outro lado, entendemos que a limitação do referencial teórico de Walton (2006) se relaciona ao estabelecimento de critérios lógicos e pragmáticos para analisar apenas a relação entre argumentos, entre argumento e questão, e entre argumento e explicação<sup>21</sup>, e de maneira estrutural, em diálogos argumentativos críticos. A relação *estrutural* envolve a

---

<sup>20</sup> O diálogo argumentativo crítico, também denominado persuasivo, pode estar presente em outros tipos de diálogos. Como mencionado por Walton (2006), sujeitos podem combinar diálogos. Assim, em diálogos como o de busca por informação, descoberta, deliberação, erística, investigação e negociação, o diálogo argumentativo crítico pode estar presente, mas isso não é uma condição para a existência ou desenvolvimento daqueles diálogos, ou seja, para atingir seus objetivos.

<sup>21</sup> A relação analisada entre argumento e explicação é aquela em que a explicação tem a função de conclusão (Walton, 2014).

identificação de uma relação entre enunciados a partir da análise da estrutura de argumentos. Em outras palavras, um dos elementos de um argumento (razão ou conclusão) é usado para produzir outro argumento; e/ou questões e contra-argumentos são direcionados para aspectos estruturais de um argumento (razão, conclusão ou relação entre razão e conclusão). Isso significa que relações *estruturais* e de *conteúdo* entre diferentes tipos de enunciados possíveis de serem expressos em um diálogo argumentativo não são consideradas e, conseqüentemente, não são analisadas. Tais aspectos poderiam contribuir para se compreender a argumentação em contextos educacionais de forma mais aprofundada.

### **2.4.3 Justificativa da seleção do referencial teórico de argumentação para esta pesquisa**

A partir do que foi exposto nos dois tópicos anteriores, ambos os referenciais teóricos possuem vantagens e limitações. No entanto, três razões contribuíram para que seleccionássemos o referencial teórico de argumentação de Walton (2006) para fundamentar este trabalho:

- Ele possibilita a análise de diferentes tipos de diálogos em que a argumentação pode ocorrer. Por outro lado, o referencial de argumentação de van Eemeren e Grootendorst (2004) é direcionado apenas para o diálogo crítico, denominado persuasivo por Walton (2006), o que pode limitar a compreensão da argumentação de estudantes.
- Apesar de ambos os referenciais possuírem critérios normativos e descritivos, o referencial de van Eemeren e Grootendorst (2004) expressa várias regras de conduta que pouco valorizam a argumentação dos participantes do diálogo. Por outro lado, o referencial de Walton (2006) considera vários tipos de argumentos como válidos, o que pode resultar em uma valorização maior da argumentação dos sujeitos e uma compreensão mais detalhada de como eles argumentam. Por exemplo, argumentos que apelam ao medo são considerados falácias para van Eemeren e Grootendorst (2004), enquanto Walton (2006) considera que este tipo de argumento pode ser válido em determinados contextos. Além disso, como mencionamos anteriormente,

as normas de conduta de van Eemeren e Grootendorst (2004) não caracterizam um diálogo real. Por outro lado, o referencial de Walton (2006) captura esse realismo ao considerar poucas regras e de estas serem flexibilizadas de acordo com o contexto e tipo de diálogo. Isso pode contribuir para caracterizar a argumentação de estudantes de forma menos subjetiva.

- Ele considera que a argumentação pode ocorrer não apenas quando há presença de ideias opostas e/ou quando um dos sujeitos discorda de uma ideia sem expressar um ponto de vista, como defendido van Eemeren e Grootendorst (2004), mas também quando um dos sujeitos apresenta um ou mais ponto(s) de vista para um determinado assunto e outro sujeito o auxilia na tomada de decisão – situação frequente em contextos escolares.

Com essa análise, não estamos afirmando que um referencial é melhor do que outro, mas sim, que um deles possui aspectos que podem contribuir para discutir os objetivos de nosso estudo de forma mais ampla e aprofundada.

### 3. QUESTÕES DE PESQUISA

No capítulo anterior, defendemos que o Ensino por Investigação, em específico, o fundamentado em modelagem pode favorecer a integração de práticas científicas, o que pode contribuir para uma educação científica ampla de cidadãos do século XXI. No entanto, constatamos que há poucas pesquisas empíricas que buscam compreender as contribuições dessa integração para a aprendizagem *de e sobre* Ciências, assim como para o desenvolvimento de habilidades como, por exemplo, as relacionadas com argumentação, condução de investigações, elaboração de explicações. Como destacado anteriormente, no caso das práticas científicas de argumentar e modelar, encontramos apenas três estudos: os de Passmore e Svoboda (2012), Mendonça e Justi (2013) e Puig *et al.* (2017). Os três estudos investigaram a relação entre argumentação e modelagem em contextos científicos. Tanto o estudo de Passmore e Svoboda (2012) quanto o de Mendonça e Justi (2013) exploraram a ocorrência de situações argumentativas nas etapas da modelagem. Por outro lado, na pesquisa de Puig *et al.* (2017), as autoras investigaram, principalmente, as contribuições da integração dessas práticas científicas para aprendizagem de conteúdo conceitual, uma vez que consideraram como premissa a ocorrência de argumentação em todo processo de modelagem.

Identificamos também que as pesquisas relacionadas à argumentação geralmente investigam esta prática como produto visando compreender, principalmente, as relações entre a argumentação e a aprendizagem *de e sobre* Ciências, e seu desenvolvimento em contextos de natureza científica e sociocientífica. Além disso, verificamos que tais pesquisas frequentemente utilizam questionários e/ou entrevistas antes e após os estudantes terem vivenciado uma intervenção. Embora algumas delas forneçam suporte aos resultados obtidos pelo pós-teste a partir de evidências do processo, este não é analisado de forma aprofundada.

A partir de tais observações, inferimos que as possíveis controvérsias sobre as contribuições da argumentação para a aprendizagem *de e sobre* Ciências, assim como para o desenvolvimento argumentativo, podem estar relacionadas a aspectos metodológicos.

A nosso ver, para que o conhecimento avance, são necessárias pesquisas que investiguem também a argumentação como processo, pois elas podem contribuir para compreender essas relações de forma ampla e detalhada em diferentes contextos e níveis de ensino, uma vez que não estarão apenas considerando o produto, mas também como este foi gerado. Além disso, defendemos que tais pesquisas utilizem metodologias de coleta e análise de dados claras, consistentes e coerentes com os propósitos da pesquisa, pois caso contrário, resultados subjetivos podem ser produzidos.

Por isso, consideramos que, para que possamos identificar e discutir contribuições adicionais da integração das práticas científicas modelagem e argumentação na Educação em Ciências são necessárias pesquisas que investiguem também a argumentação como processo ou a argumentação como processo e produto em contextos com naturezas distintas: cotidiana, científica e sociocientífica. Para que esses objetivos sejam atingidos, defendemos a necessidade de desenvolver ferramentas fundamentadas na (ou em aspectos da) teoria do diálogo que tenham a finalidade de analisar a argumentação de estudantes e professores em diferentes contextos<sup>22</sup>, assim como o uso de instrumentos de coleta e análise de dados que favoreçam investigar o processo vivenciado pelos estudantes. Nesse complexo contexto, emergem as nossas questões de pesquisa atuais:

1. Como aspectos da teoria do diálogo podem ser utilizados na elaboração de uma ferramenta para analisar o processo de argumentação em situações de ensino de Ciências por investigação?
2. Quais são as abrangências e as limitações desta ferramenta quando utilizada na análise de situações de ensino de Ciências por investigação?
3. Considerando que a situação de ensino por investigação é fundamentada em modelagem:
  - 3.1 Como os estudantes argumentam em situações de ensino de Ciências fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico?

---

<sup>22</sup> Apesar de a ferramenta analítica que propusemos recentemente (Martins e Justi, 2019b) se fundamentar nas ideias de Walton (2006), não a utilizamos para a análise dos dados deste estudo, mas sim alguns de seus aspectos. No capítulo 4 desta tese, justificamos porque a versão completa da ferramenta não foi utilizada nesta pesquisa.

- 3.2 Existem diferenças na argumentação de estudantes quando eles participam de situações de ensino de Ciências fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico? Em caso afirmativo, quais são elas?
- 3.3 Que relações podem ser estabelecidas entre a natureza de cada situação de ensino fundamentado em modelagem e a argumentação dos estudantes?
- 3.4 Que relações podem ser estabelecidas entre as atividades de modelagem e a argumentação dos estudantes?

Ao investigar essas questões de pesquisa, esperamos:

- obter subsídios para discutir as contribuições e limitações da ferramenta desenvolvida para compreender a argumentação dos estudantes e a construção de seus conhecimentos em diferentes situações de ensino fundamentadas em modelagem;
- obter subsídios para discutir a argumentação dos estudantes e relações entre a mesma e a construção de seus conhecimentos em diferentes situações de ensino fundamentadas em modelagem; e
- contribuir para a literatura da área de Educação em Ciências, trazendo novas relações e questões para serem analisadas e discutidas por pesquisadores interessados em compreender as contribuições das relações entre argumentação e modelagem para o ensino de Ciências.

## 4. ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

### 4.1 Abordagem metodológica

Para conduzir este estudo, nos fundamentamos nos princípios relativos às pesquisas qualitativas segundo Bogdan e Biklen (1994). Tais autores propõem cinco características básicas de uma abordagem metodológica qualitativa:

1. *O ambiente natural<sup>23</sup> é fonte direta de dados e o pesquisador é o instrumento principal.* Supõe um contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada, a partir de um intenso trabalho de campo. Em nosso estudo, o ambiente foi a sala de aula de um terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual, localizada em Belo Horizonte<sup>24</sup>, e as situações investigadas foram: *a compreensão da argumentação de estudantes em diferentes situações de ensino fundamentadas em modelagem a partir de uma nova ferramenta fundamentada em aspectos da teoria do diálogo; e as contribuições e limitações dessa ferramenta quando utilizada na análise dessas situações.* A justificativa para que tivéssemos mantido um contato estreito e direto com a situação em que os fenômenos ocorrem é a de que estes são muito influenciados pelo seu contexto. Sendo assim, as circunstâncias particulares em que um determinado objeto se insere são as essenciais para que se possa entendê-lo. Da mesma maneira, as pessoas, os gestos, as palavras estudadas devem ser sempre referenciados ao contexto onde aparecem.
2. *A investigação é predominantemente descritiva.* Nesse sentido, o pesquisador precisa estar atento ao maior número possível de elementos presentes na situação em estudo, pois um aspecto supostamente corriqueiro pode ser essencial na compreensão do fenômeno. Os resultados são expressos em descrições e narrativas

---

<sup>23</sup> O termo ambiente natural neste estudo não é entendido em termos da perspectiva naturalística em que o fenômeno investigado ocorre de maneira natural, sem qualquer interferência do pesquisador ou sendo esta mínima. Mas entendido como ambiente habitual de ocorrência de determinado fenômeno que se tem interesse em investigar.

<sup>24</sup> Em uma seção posterior, discutimos mais profundamente o contexto da coleta de dados deste estudo.

que tem como base a percepção de um fenômeno em um contexto. Em nosso estudo, por exemplo, valorizamos aspectos contextuais de interações discursivas de natureza argumentativa em sala de aula visando a compreensão das intenções dos interlocutores. Isso foi feito com o objetivo de compreendermos mais profundamente o fenômeno investigado.

3. *A maior preocupação com o processo do que com o produto.* O nosso interesse ao estudar a *argumentação de estudantes em diferentes situações de ensino fundamentadas em modelagem a partir de uma nova ferramenta fundamentada em aspectos da teoria do diálogo*, assim como *as contribuições e limitações dessa ferramenta quando utilizada na análise dessas situações* foi compreender o processo argumentativo no qual os estudantes se engajaram a partir de uma nova ferramenta, e não apenas o produto desse processo.
4. *A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo.* Neste estudo, nós não nos preocupamos em, principalmente, afirmar ou confirmar hipóteses iniciais, e sim estabelecer inferências à medida em que os dados coletados foram agrupados visando compreender todo o contexto investigado.
5. *O significado é de importância vital.* Em estudos qualitativos, há sempre uma tentativa de capturar a perspectiva dos participantes. Ao considerar os diferentes pontos de vista dos participantes, os estudos qualitativos permitem iluminar o dinamismo interno das situações, geralmente, inacessível ao observador externo. Em nosso estudo, buscamos, por exemplo, compreender as intenções dos estudantes, o desenvolvimento de seus conhecimentos, e seus pontos de vista em relação às ideias discutidas.

Considerando que todas estas características são observadas no estudo apresentado nesta tese, podemos afirmar que sua abordagem metodológica é qualitativa.

## 4.2 Contexto da pesquisa

Esta pesquisa é parte de um projeto maior intitulado *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*, coordenado pela professora Doutora Rosária Justi. Tal projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em 31 de maio de 2017, CAAE: 66805717.8.0000.5149 e vem sendo desenvolvido pelos membros do Grupo de pesquisa REAGIR: Modelagem e Educação em Ciências, do qual faço parte.

### 4.3 Contexto da coleta de dados

Optamos por dividir esta seção em quatro tópicos, pois isto pode favorecer ao leitor compreender cada uma das partes que compõem o contexto da coleta de dados desta pesquisa, o que pode o levar a entendê-lo mais profundamente.

#### 4.3.1 Características das pesquisadoras que realizaram a coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por mim e por outras duas pesquisadoras que fazem parte do Grupo de Pesquisa REAGIR. Cada uma de nós conduziu estudos com objetivos distintos, apesar de todos se relacionarem com o projeto de pesquisa mais amplo do Grupo.

Uma das pesquisadoras (PQ1<sup>25</sup>) estava no final do curso de Licenciatura em Química 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*. PQ1 não havia participado de uma coleta de dados antes desta, mas possuía experiência como professora particular nas disciplinas Física, Matemática e Química desde 2012.

A outra pesquisadora (PQ2<sup>26</sup>) é licenciada em Química e naquela época estava cursando seu primeiro ano de Mestrado. Seu projeto se intitulava *Compreendendo as*

---

<sup>25</sup> Quando houver necessidade, utilizaremos o código PQ1 para nos referir a esta pesquisadora ao longo deste texto.

<sup>26</sup> Quando houver necessidade, utilizaremos o código PQ2 para nos referir a esta pesquisadora ao longo deste texto.

*diferentes visões sobre Ciência e suas relações com o Ensino Fundamentado em Modelagem em contextos científico e sociocientífico.* PQ2 havia participado de coletas de dados em projetos de menor escala e possuía experiência como professora de Química em diferentes redes de ensino (particular, estadual e federal) desde 2012.

Por fim, a terceira pesquisadora (PQ3<sup>27</sup>), eu, é licenciada em Química, mestre em Educação, e estava cursando o segundo ano de Doutorado quando ocorreu a coleta de dados. Ela já havia participado de coletas de dados tanto em projetos de menor escala, (como, por exemplo, o de sua Iniciação Científica e o de uma pesquisa que foi feita quando participou do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência em Química) como de maior escala (como o projeto no qual se inseriu seu Mestrado). PQ3 também possuía experiência como professora de Química na rede estadual desde 2013.

#### **4.3.2 Seleção e características da escola em que ocorreu a coleta de dados**

A coleta de dados ocorreu entre agosto e novembro de 2017 em uma escola pública estadual, localizada em Belo Horizonte. Consideramos que foi relevante realizar a pesquisa em uma escola pública estadual, visto que ali encontramos as condições gerais do ensino no Brasil.

A escola funcionava em três turnos. No turno da manhã, as turmas eram somente de Ensino Médio. Por outro lado, no turno da tarde as turmas eram de Ensino Fundamental II, uma parte do Ensino Fundamental I (3º, 4º e 5º ano) e uma turma do 1º ano do Ensino Médio. Por fim, no turno da noite as turmas eram de Ensino Médio e duas turmas do curso de Magistério. Na época em que a coleta de dados aconteceu, a escola tinha 13 salas de aulas, uma biblioteca, um laboratório de ciências, uma sala de informática e uma de vídeo, uma cantina e uma quadra, assim como salas para direção, vice direção, supervisão, professores, secretaria e atendimento ao público.

A escola adotava um padrão de distribuição de pontos a ser seguido pelos professores de todas a disciplina. Cada bimestre valia 25 pontos, dos quais 12 eram

---

<sup>27</sup> Quando houver necessidade, utilizaremos o código PQ3 para nos referir a esta pesquisadora ao longo deste texto.

destinados a um 'provão', que englobava todas as disciplinas; 3 eram atribuídos ao comportamento de cada estudante em todas as disciplinas; e 10 eram distribuídos livremente pelos professores.

#### **4.3.3 Seleção e características da professora que participou da pesquisa**

Para participar desta pesquisa, o professor da turma deveria ter conhecimentos sobre, e experiências prévias com, ensino fundamentado em modelagem, NdC e condução de situações argumentativas. Por isso, optamos por uma das integrantes de nosso Grupo de Pesquisa que tem todas estas características.

Além disto, ela é Mestre em Educação em Ciências e, em sua dissertação, trabalhou com os temas argumentação e modelagem. Em relação ao tema NdC, ela desenvolveu seus conhecimentos quando participou de uma das disciplinas ministradas pela professora Dra. Rosária Justi, no âmbito do Programa de Pós-graduação em Educação da Faculdade de Educação da UFMG, tendo, inclusive, produzido um trabalho que foi publicado posteriormente.

Esta professora possui grande e diversificada experiência como docente, uma vez que já trabalhou em escolas públicas federal (que priorizou o ensino de química centrado no estudante, trabalhos colaborativos em grupo, atividades investigativas, ou seja, um ensino diferente do tradicional), estaduais e escolas particulares (nas quais, de forma geral, o ensino é tradicional). Na escola em que coletamos os dados desta pesquisa, ela trabalha desde que iniciou sua carreira como professora, em 2001. Ela também já havia trabalhado com modelagem na perspectiva adotada pelo nosso Grupo de Pesquisa em salas de aula há alguns anos e, como membro do Grupo, participou ativamente na elaboração da unidade didática utilizada neste trabalho.

Assim, além de possuir uma longa e variada experiência docente, a professora tinha conhecimentos fundamentais e importantes para aplicação da unidade didática, o que resultou em ela ser aplicada de acordo com os princípios do referencial teórico no qual se baseia.

Antes de iniciarmos a coleta de dados propriamente dita, optamos por acompanhar algumas de suas aulas nas duas turmas de terceiro ano do Ensino Médio. Isto foi feito a fim de que os estudantes começassem a se acostumar com a nossa presença e a das câmeras, e de que pudéssemos caracterizar o tipo de ensino geralmente vivenciado por eles (processo de ambientação).

Ao observarmos aquelas aulas, constatamos que a professora buscava elaborar questões para os estudantes e avaliar as respostas na sequência. Ela também se preocupava em revisar os conceitos previamente ensinados e em organizar as ideias discutidas com o objetivo de ajudar os estudantes a compreender novos conceitos. Além disso, ela procurava elaborar listas de exercícios para os estudantes 'fixarem' o conteúdo, assim como solicitar que eles fizessem trabalhos sobre alguma temática que estava sendo estudada. Tais atividades eram geralmente realizadas em grupo e pontuadas pela professora.

Finalmente, a professora não possuía o costume de utilizar outros espaços da escola, como a biblioteca, a sala de informática, o laboratório de ciências e o pátio escolar para desenvolver as atividades de ensino de Química.

#### **4.3.4 Seleção da série escolar e características das turmas que participaram da coleta de dados**

A seleção da série escolar deu-se em função da temática da unidade didática aplicada neste estudo – plásticos – e da estrutura do currículo da escola, que previa o estudo desse tema no terceiro ano do Ensino Médio. Por isto, no primeiro semestre letivo, a professora trabalhou com as suas duas turmas terceiro ano os seguintes conteúdos químicos curriculares, que são pré-requisitos para o estudo do tema plásticos: ligações químicas, interações intermoleculares, nomenclatura de compostos orgânicos, representações de compostos orgânicos, propriedades físicas de compostos orgânicos; funções orgânicas e isomeria.

Na época da coleta de dados, a professora lecionava para duas turmas do terceiro ano e, por razões de natureza prática e ética, optamos por coletar os dados em ambas. Seria inviável e antiético a professora utilizar uma abordagem de ensino em uma turma, e

na outra uma abordagem diferente, uma vez que poderiam levar a aprendizagens distintas, mesmo se o conteúdo curricular a ser ensinado fosse o mesmo.

As turmas nas quais coletamos os dados para esta pesquisa eram constituídas por 40 estudantes cada uma. A maioria deles prestava atenção ao que a professora expunha, mas poucos participavam da discussão respondendo as questões da professora e tirando suas dúvidas. As turmas eram homogêneas quanto à idade dos estudantes, que estavam dentro da faixa etária regular esperada para a série (17 a 18 anos).

De forma geral, o ensino que acontecia naquelas turmas podia ser caracterizado como tradicional, pois na maior parte do tempo os estudantes eram receptores de conhecimentos fornecidos pelo professor e/ou livro didático. Portanto, participar de atividades de modelagem era algo totalmente novo para aqueles estudantes.

As duas aulas de Química semanais das turmas ocorriam em apenas um encontro (sexta-feira de 8h50 às 9h30h (turma 302) e de 9:50h às 11:30h (turma 301)), o que facilitava nosso deslocamento até a escola.

#### **4.4 Coleta de dados**

Assim como na seção anterior, optamos por dividir esta seção em cinco tópicos para favorecer ao leitor compreender cada uma das partes que compõem a coleta de dados desta pesquisa.

##### **4.4.1 Desenvolvimento das atividades que compõem a unidade didática "Química, Plásticos e Sociedade: Modelagem em Ação"**

Para que pudéssemos investigar a argumentação de estudantes em diferentes situações de ensino fundamentadas em modelagem a partir de uma nova ferramenta fundamentada em aspectos da teoria do diálogo, assim como, as contribuições e limitações dessa ferramenta quando utilizada na análise dessas situações foi preciso planejar e elaborar uma unidade didática que pudesse contribuir para o atingimento desses objetivos, assim como para o dos objetivos das demais pesquisadoras.

Inicialmente, consideramos ser importante o desenvolvimento de uma unidade didática que fosse fundamentada não apenas em modelagem de um tema de natureza científica, mas também um de natureza sociocientífica<sup>28</sup>. Isso ocorreu em função da relevância de contextos de natureza sociocientífica para a formação de cidadãos e de, como mencionamos no capítulo 2, não termos identificado trabalhos empíricos que investigaram a argumentação em uma abordagem de ensino fundamentada em modelagem de conhecimentos sociocientíficos. Por isto consideramos, como também justificado no capítulo 2, que sua investigação pode trazer contribuições para a literatura da área.

A nosso ver, situações de ensino em que os sujeitos devem desenvolver e/ou utilizar os conhecimentos científicos e sociais para solucionar uma questão-problema podem contribuir para que eles desenvolvam o pensamento crítico e uma visão menos ingênua *sobre* Ciências, bem como aprendam o conteúdo de forma mais aprofundada. Tais aprendizagens podem dar suporte aos sujeitos atuarem como cidadãos em nossa sociedade.

Após ter avaliado a relevância do desenvolvimento de atividades fundamentadas em modelagem em contextos científico e sociocientífico, selecionamos as possíveis temáticas. Para isso, nos guiamos nos critérios propostos por Prins *et al.* (2008) para identificar temas de natureza sociocientífica que possam ser ensinados a partir de atividades de modelagem:

- i. o interesse dos estudantes pelas temáticas, porque quando o sujeito tem interesse/curiosidade pelo tema ele tende a perceber as discussões como mais relevantes e a se engajar mais profundamente nas mesmas;
- ii. a complexidade dos temas, em termos dos conhecimentos científicos, sociocientíficos, e sociais a serem modelados. Isso porque se os temas e/ou os conhecimentos são muito complexos, os estudantes podem não conseguir modelar o que lhes for solicitado;

---

<sup>28</sup> Neste estudo, entendemos o conhecimento científico como aquele que é construído pela ciência e ensinado nas escolas com as devidas simplificações (Osborne, 2014). Por outro lado, compreendemos os conhecimentos sociais como aqueles que são de valores (éticos, ambientais, econômicos, ideológicos, culturais etc.) e que são construídos ao longo da vida dos sujeitos (Sadler, 2011).

- iii. a familiaridade dos estudantes com os temas, pois para modelar algum aspecto é essencial que os estudantes apresentem conhecimentos prévios que os auxiliem nesse processo; e
- iv. a possibilidade de os estudantes realizarem testes empíricos e mentais, uma vez que os dados coletados a partir destes podem fornecer subsídios para a construção, avaliação e revisão de seus modelos.

Além de esses critérios serem relevantes para seleção das temáticas, eles também são importantes para que haja o engajamento argumentativo e a aprendizagem de conceitos. De acordo com von Aufschnaiter *et al.* (2008), a complexidade não tão elevada do tema, o seu interesse e a familiaridade dos estudantes com o mesmo podem contribuir para que os estudantes se engajem mais facilmente e de forma aprofundada em argumentação, bem como para que eles aprendam conceitos e desenvolvam conhecimentos.

A partir desses critérios, selecionamos as temáticas '*Propriedades dos Plásticos*' e '*O problema do acúmulo de plásticos na sociedade*'. Estas podem favorecer situações argumentativas científicas e sociocientíficas, assim como a aprendizagem de conhecimentos científicos e sociais, pois:

- i. para os estudantes compreenderem as características dos diferentes tipos de plásticos, eles devem realizar uma análise de suas características, o que pode contribuir para que eles elaborem um modelo que consiga explicar por que determinados plásticos apresentam características diferentes de outros. Mas para que esse modelo seja bem fundamentado, os estudantes devem fornecer suporte a ele por meio de justificativas sustentadas por evidências. Estas podem ser coletadas, por exemplo, a partir de experimentos mentais e empíricos;
- ii. para os estudantes afirmarem por que determinados plásticos podem ser reciclados e outros não, eles devem elaborar justificativas e/ou utilizar evidências. Neste caso, as situações argumentativas são de natureza científica, uma vez que os estudantes devem considerar aspectos científicos (as estruturas dos plásticos, em específico os tipos de ligações e/ou os comportamentos dos plásticos quando submetido ao aquecimento indireto e direto) para dar suporte às suas explicações; e

- iii. para os estudantes proporem soluções para o problema de acúmulo de plásticos na sociedade, eles devem elaborar justificativas e/ou utilizar evidências para selecionar os aspectos sociais, ambientais, econômicos e éticos que podem estar envolvidos nas propostas. Os estudantes também devem avaliar a solução que eles propuseram. Para isso, eles precisam elaborar justificativas e/ou utilizar evidências que mostrem a coerência da solução, assim como as vantagens e desvantagens da proposta a partir da análise do impacto da solução nos meios social, ambiental, econômico e científico, considerando também aspectos éticos.

Para estruturar as atividades de modelagem relacionadas a ambos os contextos, utilizamos o Diagrama Modelo de Modelagem v2 proposto por Gilbert e Justi (2016). Na elaboração das atividades de modelagem em contexto sociocientífico, levamos em consideração o modelo curricular a ser construído pelos estudantes na modelagem em contexto científico. Além disto, tínhamos como objetivo favorecer aos estudantes utilizar tal modelo, mesmo que de forma implícita, na resolução do problema de natureza sociocientífica: o acúmulo de plásticos em nossa sociedade.

Assim, a modelagem em contexto científico tem como objetivo 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 serem aquecidos. Por outro lado, a modelagem em contexto sociocientífico tem como objetivo discutir, de maneira contextualizada<sup>29</sup>, o problema do acúmulo de plásticos vivenciado por uma comunidade fictícia (mas com características similares a inúmeras comunidades reais), de modo que os estudantes precisem recorrer a alguns conhecimentos construídos ao

---

<sup>29</sup> Neste estudo, entendemos o termo contextualização como meio de educação para a vida, relacionando o conteúdo do aprendizado em sala de aula e o dia-a-dia dos estudantes formando assim o estudante-cidadão capaz de refletir, compreender, discutir e agir sobre a sociedade que está em sua volta (Cachapuz et al. 1993). Nessa perspectiva, a contextualização assume a função de caracterizar o processo social de apropriação do saber sistemático, evidenciando o papel do conhecimento científico na compreensão dos grandes problemas atuais da sociedade. O professor nessa visão considera as ideias dos estudantes e oferece condições para que eles criem soluções para os problemas colocados. Isso proporciona a participação dos estudantes no processo educacional em direção à construção de sua cidadania, uma vez que, desta forma, haverá uma identificação com o contexto de seu dia-a-dia.

longo das atividades de modelagem desenvolvidas no contexto científico, bem como levar em consideração aspectos sociais, econômicos, ambientais, éticos, entre outros ao propor possíveis soluções para o mesmo.

Após a elaboração dessas atividades, julgamos ser importante a construção de atividades modelagem em um contexto cotidiano. Isso porque aqueles estudantes nunca tinham participado de atividades de modelagem. Como as atividades de modelagem envolvendo temas cotidianos são menos complexas do que as discutidas anteriormente (em função de não envolverem diretamente nenhum conhecimento científico), elas poderiam auxiliá-los a começar a compreender o significado de modelos e como o processo de modelagem ocorre. Atividades desta natureza têm sido utilizadas em trabalhos de nosso Grupo de Pesquisa, sempre com ótimos resultados em relação a tais objetivos (por exemplo, Maia e Justi (2008)).

Essas atividades também poderiam contribuir para que tivéssemos mais elementos sobre a argumentação dos estudantes em outro tipo de contexto, o que nos permitiria discutir mais detalhadamente, por exemplo, como os estudantes argumentam em diferentes contextos de ensino de ciências fundamentado em modelagem e possíveis relações entre as atividades de modelagem e a argumentação dos estudantes.

Como outros membros de nosso Grupo de Pesquisa já elaboraram algumas atividades de modelagem em contextos cotidianos, selecionamos uma delas com base nos critérios de Prins *et al.* (2008). Tal atividade tem como objetivo principal a construção de um modelo para o funcionamento de uma máquina de vender latas de refrigerantes.

Na sequência, utilizamos o Diagrama Modelo de Modelagem v2 proposto por Gilbert e Justi (2016) para adaptá-la, favorecendo, particularmente, a ocorrência de situações argumentativas. Tais situações podem ser favorecidas neste contexto porque, para os estudantes serem capazes de elaborar um modelo que explique o funcionamento de uma máquina de vender latas de refrigerantes, eles devem expressar e justificar os artefatos que acham que esse tipo de máquina deve possuir, assim como explicar como eles funcionam. Além disso, para que esse modelo seja bem fundamentado, os estudantes devem realizar experimentos mentais e/ou empíricos a fim de obter evidências para sustentá-lo.

Todas as atividades fundamentadas em modelagem foram propostas visando não apenas os estudantes aprenderem conceitos e se engajarem em argumentação, mas também em todos os outros processos cognitivos que a modelagem pode proporcionar e em discussões explícitas sobre Ciências atreladas ao processo de construção de conhecimentos vivenciado pelos estudantes.

Ademais, ressaltamos que os temas selecionados para cada contexto de modelagem por si só, contribuem para discussões de sua natureza. Por exemplo, o tema *propriedades dos plásticos* favorece discussões no âmbito científico. Mas isso não significa que ele não possa favorecer as discussões no domínio social. Em função disto, no desenvolver das atividades, procuramos delimitar características de cada tema de modo que a temática *propriedades dos plásticos* favorecesse discussões de natureza científica; o *problema do acúmulo de plásticos na sociedade* contribuísse para discussões de naturezas social e científica; e *funcionamento de uma máquina de vender latas de refrigerantes* promovesse discussões de naturezas social e/ou científica.

Por fim, além de termos desenvolvido as atividades que compõem a unidade didática em conjunto com a professora deste estudo, nós também elaboramos um material para que outros professores possam utilizá-lo. Tal material é constituído de:

- i. uma síntese das principais ideias dos referenciais teóricos nos quais nos fundamentamos;
- ii. uma lista dos pré-requisitos de conteúdo necessários aos estudantes para participar das atividades;
- iii. um texto que explicita os objetivos de cada atividade; e
- iv. algumas orientações importantes para a aplicação das atividades, como por exemplo: justificativa para os estudantes trabalharem em grupos<sup>30</sup>, considerações sobre o tempo estimado para a realização de cada atividade, importância de o professor atuar como mediador ao longo do processo de ensino e aprendizagem,

---

<sup>30</sup> As atividades de modelagem geralmente envolvem problemas complexos de serem analisados individualmente. Além disso, investigar os estudantes em grupos dar suporte aos objetivos de nosso estudo, uma vez que a participação nos mesmos em discussões pode favorecer que eles expressem suas ideias para os colegas, discutam e modifiquem suas visões e construam significados (Lemke, 1997; Clement, 2008).

identificação de possíveis modelos que podem ser elaborados pelos estudantes, questionamentos que podem ser feitos aos estudantes para que eles se engajem em argumentação e reflitam explicitamente sobre Ciências e sugestões de possíveis links para as próximas atividades.

A professora que participou deste estudo teve opção de seguir integralmente, parcialmente, ou mesmo não seguir as orientações para a condução das atividades visando a aprendizagem de Ciências e sobre Ciências, assim como o favorecimento da ocorrência de situações argumentativas. Ela optou por segui-las parcialmente considerando, principalmente, particularidades daquelas turmas e do calendário escolar.

#### **4.4.2 Caracterização da unidade didática “Química, Plásticos e Sociedade: Modelagem em Ação”**

A unidade didática é constituída por 13 atividades (Apêndice 1). As Atividades 1, 2 e 3 se relacionam à modelagem em contexto de natureza cotidiana (funcionamento da máquina de vender latas de refrigerantes). Na Atividade 1, *Construindo o conhecimento de uma maneira diferente*, os estudantes devem propor modelos que expliquem o funcionamento de uma máquina de vender latas de refrigerantes. Essa atividade se relaciona às etapas de criação e expressão do proto-modelo no Diagrama Modelo de Modelagem v2. Na Atividade 2, *Testando nossos modelos*, os estudantes devem testar seus modelos visando analisar em que extensão eles satisfazem os objetivos para os quais foram elaborados. Para isso, são fornecidas duas situações: deixar a máquina desligada e, em seguida, colocar a moeda; e desligar a máquina por duas horas, ligar novamente e colocar a moeda. O que se observa nessas situações é que: o refrigerante não é servido; e a máquina não serve a bebida imediatamente. Após alguns minutos, a máquina começa a trabalhar e, decorrido um certo tempo, ao ser inserida uma moeda, o refrigerante é servido. Essa atividade se relaciona à etapa de teste no Diagrama Modelo de Modelagem v2. Por fim, na Atividade 3: *Utilizando o modelo em outra situação*, os estudantes devem avaliar a abrangência e as limitações de seus modelos em outra situação: o funcionamento de um caixa eletrônico. Esta atividade se relaciona à etapa de avaliação no Diagrama Modelo de Modelagem v2.

A Atividade 4, *O papel das representações*, tem como objetivo facilitar a execução das próximas atividades, que envolvem a representação de fenômenos. As questões são direcionadas para o estudante compreender que várias representações podem ser elaboradas ou utilizadas para explicar o mesmo fenômeno, porém de maneiras diferentes. Isso possibilita que cada representação seja usada em uma situação distinta.

A Atividade 5, *Pensando sobre os plásticos*, visa direcionar a atenção dos estudantes para o tema plásticos. Para que isso ocorra, buscamos favorecer a reflexão sobre a importância dos plásticos ao solicitar que eles identifiquem a quantidade de plásticos que utilizam diariamente, assim como as vantagens e desvantagens de seu uso.

As Atividades 6, 7, 8 e 9 se relacionam à modelagem em contexto de natureza científica. A Atividade 6, *Características de diferentes objetos plásticos*, visa que os estudantes obtenham ou desenvolvam alguns pré-requisitos essenciais à construção do modelo para a estrutura dos plásticos. Como os estudantes são solicitados a fazer previsões antes de realizar o experimento, torna-se possível investigar como eles lidam com dados e teorias ou como os relacionam. Essa atividade se relaciona à obtenção de informações, aspecto essencial para auxiliar na etapa de criação do proto-modelo, prevista no Diagrama Modelo de Modelagem v2.

A Atividade 7, *Tentando explicar os comportamentos de diferentes objetos plásticos*, tem como objetivos que os estudantes proponham modelos no nível submicroscópico para os objetos sacola plástica e carcaça de TV<sup>31</sup>, assim como que expliquem tais modelos considerando possíveis modificações em suas estruturas (envolvendo ligações e/ou interações intermoleculares) ocorridas quando eles foram, ou não, dobrados. Essa atividade se relaciona às etapas de criação e expressão do proto-modelo no Diagrama Modelo de Modelagem v2.

---

<sup>31</sup> Na época em que a unidade didática foi construída, tínhamos a informação de que o plástico constituinte da carcaça de TV era termorrígido. Recentemente, tivemos acesso a novas informações segundo as quais a carcaça de TV é um termoplástico. Isto não desqualifica nosso trabalho, visto que o significado dos diferentes tipos de plásticos – termoplástico, termorrígidos e elastômeros – foram apresentados corretamente para os estudantes. Assim, a troca do objeto carcaça de TV por objetos feitos de baquelite (por exemplo, telefones antigos) em novas versões das atividades corrige o erro existente nas mesmas.

Na Atividade 8, *Testando nossos modelos*, os estudantes devem testar seu(s) modelo(s) visando analisar em que extensão ele(s) satisfaz(em) os objetivos para os quais foram elaborados. Se o modelo responder positivamente ao teste, isto é, for capaz de explicar os novos dados observados/obtidos, ele é considerado coerente; caso contrário, o modelo deverá ser modificado, ou até mesmo rejeitado, iniciando-se novamente o processo. Quando o modelo é rejeitado, o estudante pode utilizar conhecimentos adquiridos no processo até aquele momento para elaborar um novo modelo. Essa atividade se relaciona à etapa de teste no Diagrama Modelo de Modelagem v2.

Finalmente, na Atividade 9, *Utilizando nossos modelos em outra situação*, estudantes devem analisar o comportamento de outro tipo de objeto plástico (pneu) a partir de evidências empíricas e, ainda, perceber diferenças e similaridades entre este tipo de plástico e os estudados anteriormente. Nesse contexto, é solicitado aos estudantes uma explicação para uma nova situação que envolve este polímero, que apresenta ligações covalentes formando uma rede tridimensional (assim como na carcaça de TV), porém é elástico/flexível (o que não é observado na carcaça de TV). Esta característica está associada ao número de ligações presentes em sua estrutura tridimensional, que é menor do que o presente na estrutura da carcaça de TV. Essa é uma situação que proporciona aos estudantes trabalhar com dados anômalos em relação ao(s) modelo(s) anterior(es), o que pode contribuir para que eles reorganizem as relações estabelecidas anteriormente de modo a explicar o comportamento do pneu. Tendo em vista a dinamicidade característica do processo de modelagem, esta atividade pode se relacionar tanto à etapa de teste quanto à de avaliação da abrangência e das limitações no Diagrama Modelo de Modelagem v2. Isso depende de como os modelos consensuais da turma evoluíram até a essa atividade. Para estudantes que consideram modelos que ainda são incoerentes com o modelo curricular<sup>32</sup> (isto é, modelos que não são baseados na intensidade das interações intermoleculares e/ou ligações covalentes presentes nas, e entre as, cadeias poliméricas dos materiais plásticos em questão – sacola, carcaça de TV e pneu), a atividade favorecerá um teste do modelo. Entretanto, para os estudantes que propuseram modelos que consideram a existência de interações intermoleculares para a sacola e ligações covalentes

---

<sup>32</sup> O modelo curricular é uma simplificação do modelo científico que se espera que os estudantes aprendam em um dado contexto escolar (Gilbert et al., 2000).

formando uma rede tridimensional para a carcaça de TV (mesmo que estas não sejam as nomenclaturas utilizadas por eles), a atividade favorecerá a avaliação da abrangência e das limitações do modelo.

As Atividades 10, 11, 12 e 13 se relacionam à modelagem em um contexto de natureza sociocientífica: problema do acúmulo de plásticos. Atividade 10, *Tentando resolver o problema do acúmulo de plásticos*, possui duas partes: A e B. A parte A é um texto intitulado *Assembleia Geral: Acúmulo de Plásticos*, que tem as finalidades de problematizar a questão do acúmulo de plásticos e convidar os estudantes a participar dessa discussão. Esse é o link para a parte B, cujo objetivo é que os estudantes proponham modelos para solucionar o problema do acúmulo de plásticos. Essa atividade se relaciona às etapas de criação e expressão do proto-modelo no Diagrama Modelo de Modelagem v2.

Ressaltamos que o texto introdutório direciona a discussão para a *reciclagem*, 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, se constitui de um processo para o qual podemos criar, expressar, testar e avaliar modelos. *Repensar, respeitar e se responsabilizar, e reduzir* são atitudes, isto é, não são processos que, como tais, possam ser modelados. Por fim, a *reutilização* envolve a utilização de um objeto para outro fim, 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.

A Atividade 11, *Seu modelo resolve o problema do acúmulo de plásticos?*, tem o objetivo de favorecer aos estudantes testar seu(s) modelo(s) visando analisar em que extensão ele(s) satisfaz(em) os objetivos pelos quais foram elaborados. Essa atividade se relaciona à etapa de teste no Diagrama Modelo de Modelagem v2.

Na sequência, a Atividade 12, *Segunda Assembleia Geral: Novos Desafios*, visa avaliar o modelo. Se na etapa de teste o modelo proposto pelos estudantes for bem-sucedido, então pode-se dizer que o objetivo inicial foi atingido. Neste caso, é necessário apenas discutir a abrangência e as limitações do modelo. Esta atividade se relaciona à

etapa de avaliação da abrangência e das limitações no Diagrama Modelo de Modelagem v2.

Por fim, na Atividade 13, *Uma proposta*, é solicitado aos estudantes elaborar um documento escrito, endereçado à diretora da escola mencionada no texto (Atividade 10 parte A), descrevendo como a comunidade poderia resolver o problema de acúmulo de plásticos, considerando todas as soluções possíveis, todos os objetos plásticos e todos os aspectos sociais, econômicos, ambientais e éticos discutidos. Assim, esta atividade favorece ao professor entender se os estudantes compreenderam que várias soluções devem coexistir para auxiliar na resolução do problema do acúmulo de plástico na sociedade.

#### **4.4.3 Procedimentos éticos**

Antes de coletarmos os dados desta pesquisa, os termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG foram entregues para a direção, a professora e os estudantes<sup>33</sup>. Nesses termos, informamos os objetivos do projeto mais amplo, do qual esta pesquisa faz parte, alguns aspectos metodológicos relacionados à coleta de dados e a não divulgação da identidade da escola, professora, dos estudantes e das imagens, assegurando assim, a privacidade, o sigilo das identidades dos mesmos. Informamos também que o estudante poderia retirar seu consentimento em qualquer momento da coleta, sem que tivesse nenhum prejuízo decorrente disso. Tais termos foram devolvidos devidamente assinados.

#### **4.4.4 Panorama da coleta de dados**

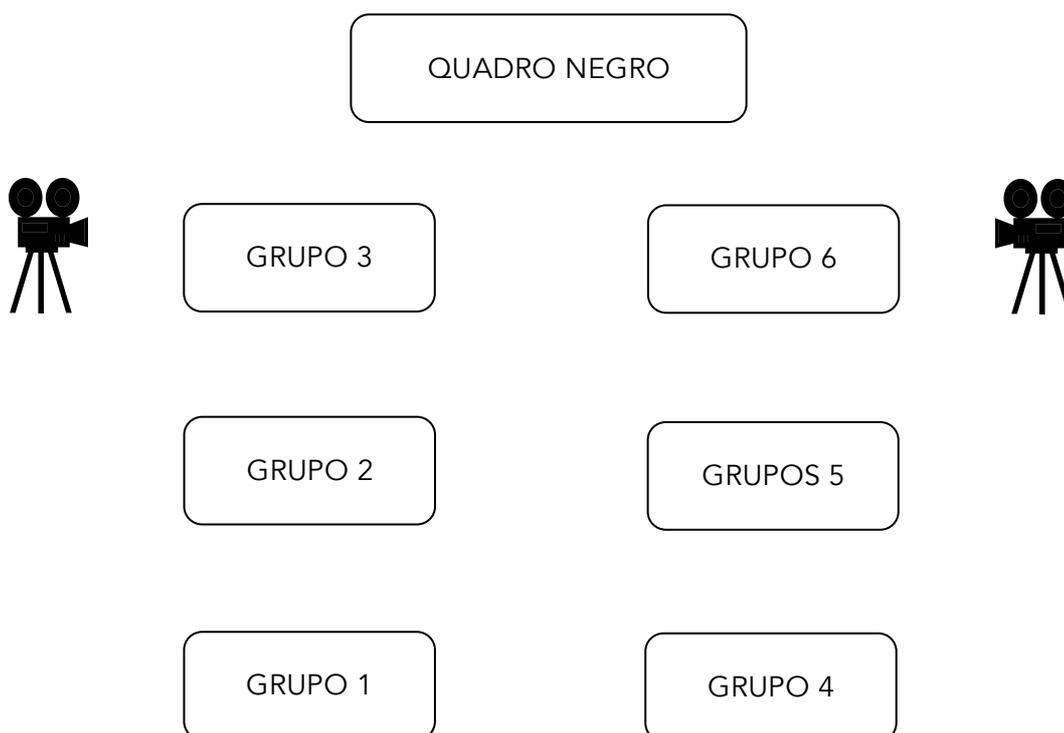
Todas as 18 aulas (de 50 minutos cada) nas quais a aplicação da unidade didática ocorreu foram registradas em vídeo, áudio e por meio de notas de campo realizadas por mim e pelas demais pesquisadoras. Além disso, foram feitas cópias de todas as atividades escritas produzidas pelos estudantes, assim como dos modelos concretos e/ou desenhos elaborados pelos eles durante as atividades.

---

<sup>33</sup> No caso de estudantes menores de 18 anos, seus responsáveis também receberam um TCLE específico para autorizar a participação do aluno na pesquisa.

Todas as atividades foram realizadas no laboratório de ciências da escola. Para realizá-las, os estudantes se dispuseram em seis grupos livremente formados por eles, que ficaram organizados nas seis bancadas disponíveis no laboratório de ciências. Em cada bancada foi colocado um gravador de áudio. Por outro lado, as câmeras foram colocadas próximas aos grupos 1 e 2 da turma 302 (figura 4.1) e aos grupos 3 e 6 da turma 301 (figura 4.2). Esses grupos foram selecionados tendo em vista a impossibilidade de registrar imagens completas de todos os grupos (pois só dispúnhamos de duas câmeras filmadoras) e que, considerando os objetivos deste estudo, os grupos cujos dados fossem analisados deveriam possuir um perfil de expressar e avaliar suas ideias e as de seus colegas durante as atividades, bem como trabalhar de forma coletiva. Tais aspectos foram observados nesses grupos pelas três pesquisadoras logo nas primeiras aulas a partir das informações contidas nos áudios e vídeos que foram escutados e/ou assistidos por elas<sup>34</sup>.

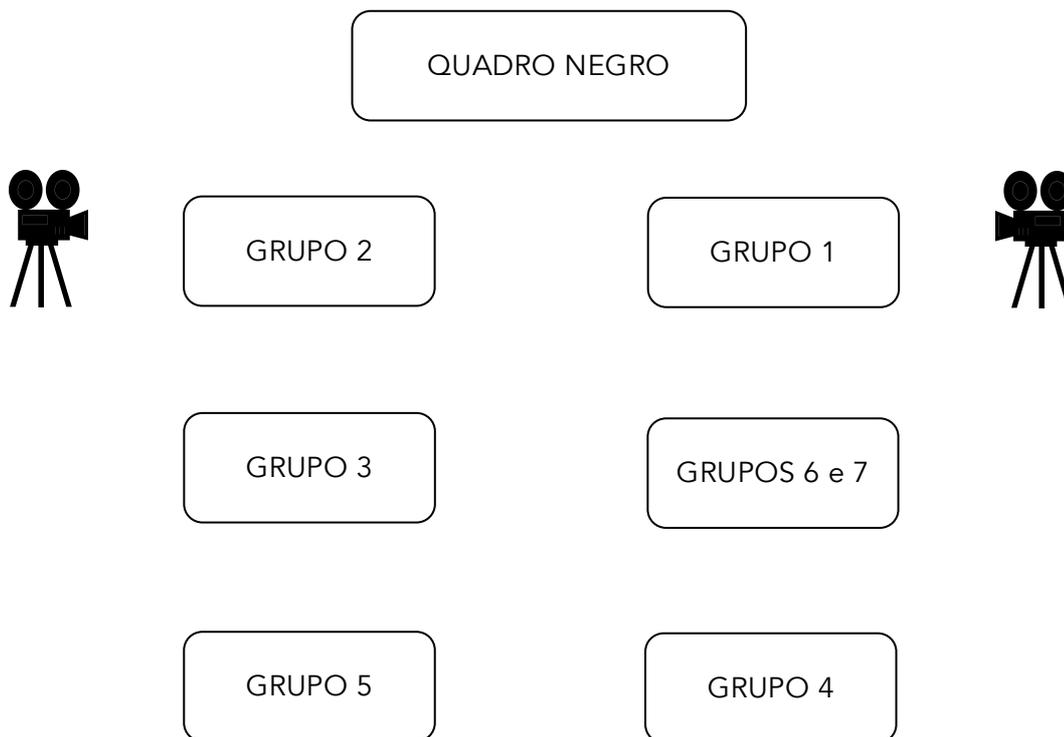
**Figura 4.1.** Disposição dos grupos e posição das câmeras durante as aulas da turma 301.



**Fonte:** Autoria nossa.

<sup>34</sup> Apesar de reconhecermos que coríamos o risco em realizar a escolha previamente dos grupos, não poderíamos esperar o tempo da coleta de dados transcorrer para identificar quais grupo de estudantes seriam os mais engajados ao longo de todo o processo. Isso porque poderíamos deixar de realizar intervenções importantes que poderiam contribuir para os objetivos da pesquisa de cada pesquisadora.

**Figura 4.2.** Disposição dos grupos e posição das câmeras durante as aulas da turma 302.



**Fonte:** Autoria nossa.

Neste estudo, optamos por analisar os dados dos grupos 3 e 6 (G3 e G6) da turma 301, pois eles se mostraram mais ricos, em termos de os estudantes terem expressado diferentes ideias e buscado justificá-las, explicá-las e questioná-las colaborativamente e com uma frequência maior do que os estudantes dos grupos 1 e 2 da turma 302. Acreditamos que a escolha destes grupos pode favorecer uma análise mais detalhada – algo essencial para discutirmos nossas questões de pesquisa.

#### 4.4.5 Instrumentos de coleta de dados

Os dados coletados para esta pesquisa provieram da observação de todas as aulas nas quais a unidade didática *Química, Plásticos e Sociedade: Modelagem em Ação* foi aplicada. Os dados oriundos de observações são atraentes para o pesquisador, pois permitem a ele olhar para o que está ocorrendo in situ (Patton, 1990 apud Cohen et al., 2011). Isto pode favorecer a observação de aspectos que, de outras formas, poderiam ser perdidos inconscientemente; descobrir ideias sobre as quais os participantes não falariam livremente; e acessar o conhecimento pessoal dos participantes. Todos esses aspectos

podem contribuir para que o pesquisador compreenda mais profundamente o contexto investigado (Cohen *et al.*, 2011).

Neste estudo, eu e as outras pesquisadoras realizamos observação ativa (segundo Spradley (1980)), uma vez que ajustamos as câmeras de vídeo e gravadores de áudios; produzimos notas de campo e fizemos intervenções visando ajudar a professora a conduzir o processo de ensino e atender possíveis solicitações dos grupos. Além disso, questionamos os estudantes duvidando de determinadas ideias para as quais, em aulas anteriores, eles não expressaram razões que pudessem sustentá-las e buscando esclarecer ideias e/ou relacionamentos entre ideias que eles expressaram em aulas anteriores e que nos pareceram confusos<sup>35</sup>. Essas intervenções foram processuais, ou seja, aconteceram ao longo das aulas (como explicitado no estudo de caso, apresentado no capítulo 6) e contribuíram na validação das análises.

As notas de campo registradas por mim descrevem, em termos gerais, as características da argumentação dos grupos pré-selecionados em cada atividade.

Outros instrumentos utilizados para a coleta de dados foram as câmeras e os gravadores. A filmagem das aulas é considerada um recurso tecnológico importante de ser utilizado em pesquisas de natureza qualitativa e, principalmente, naquelas que possuem foco no discurso verbal e não-verbal, como é caso deste estudo. Nesses casos, a filmagem permite observar o processo repetidas vezes, o que favorece a identificação de possíveis modificações das qualidades, características e particularidades do objeto observado, assim

---

<sup>35</sup> Na época da coleta de dados apenas eu, PQ3, possuía disponibilidade para assistir os vídeos e escutar os áudios dos grupos previamente selecionados, isto é, grupos 3 e 6 da turma 301 e grupos 1 e 2 da 302. Isso porque, além de fazerem pesquisa, PQ1 cursava graduação em Licenciatura em Química e dava aulas particulares e PQ2 lecionava para uma escola pública federal não tendo, portanto, a mesma disponibilidade para executar atividades em outros horários. Assim, imediatamente após cada aula, eu procurava descrever cada uma delas. Tal descrição foi direcionada para os grupos selecionados de cada turma. Isso contribuiu para que eu fosse capaz de elaborar questionamentos que subsidiassem também os objetivos de pesquisa das outras pesquisadoras. Além disso, o fato de eu possuir: (i) conhecimentos sobre NdC na perspectiva adotada por PQ2, uma vez que a utilizei no Mestrado para investigar a relação entre a argumentação e NdC; (ii) conhecimentos sobre aprendizagem em um ensino fundamentado em modelagem (aspecto relacionado aos objetivos de pesquisa de PQ1) por ser membro do Grupo de Pesquisa REAGIR; e (iii) experiência em participar de coletas de dados que envolvem vários objetivos distintos contribuiu também para eu fosse capaz de elaborar tais questionamentos. Após a descrição de cada aula e elaboração dos questionamentos, tais informações eram disponibilizadas e discutidas com as demais pesquisadoras.

como analisar o processo e aspectos que frequentemente não são percebidos pela observação *in loco* do pesquisador (Belei *et al.*, 2008). Por outro lado, o gravador permite apenas analisar o discurso verbal. No entanto, em nossa pesquisa, ele foi fundamental para compreendermos as discussões entre os estudantes e entre esses e a professora e/ou pesquisadora(s). Isso porque a qualidade de seu áudio era melhor se comparada à do áudio da câmera.

Além desses registros, coletamos todos os materiais produzidos pelos estudantes durante a aplicação da unidade didática, visto que a análise dos mesmos poderia ser útil para a compreensão do processo como um todo.

## **4.5 Análise dos dados**

Esta seção também foi dividida em cinco tópicos com o objetivo de apresentar, de forma organizada, como fizemos a análise de dados visando responder nossas questões de pesquisa. Tal divisão pode favorecer ao leitor compreender melhor as decisões tomadas nesta etapa.

### **4.5.1 Trajetória do desenvolvimento da nova ferramenta analítica**

Desde do início do Mestrado, em 2014, temos nos dedicado a investigar aspectos teórico-metodológicos da argumentação na área da Educação em Ciência (Martins e Justi, 2015; Justi *et al.*, 2017; Martins e Justi, 2017; 2018; 2019b). Na maior parte desses trabalhos, buscamos utilizar e/ou adaptar aspectos do referencial teórico de Walton para a nosso campo. Isso porque temos observado as potencialidades do mesmo para compreender a argumentação de estudantes em situações de ensino conduzidas a partir de diferentes abordagens e envolvendo contextos distintos: científico, social e sociocientífico.

Nesta pesquisa, como mencionamos no capítulo 1, tínhamos a intenção inicial de utilizar a ferramenta que construímos para analisar os raciocínios argumentativos de estudantes a partir do estudo que desenvolvi durante o mestrado (Martins e Justi (2019b)). No entanto, essa intenção mudou a partir de discussões que estabelecemos com o professor Dr. Fabrizio Macagno. Em tais discussões, o professor Fabrizio Macagno apresentou e explicou suas ideias, assim como a ferramenta analítica proposta. A partir de

uma análise comparativa das ferramentas, avaliamos que elas possuem aspectos semelhantes e alguns diferentes. Para que o leitor chegue a essa mesma conclusão e compreenda a decisão que tomamos de criar uma nova ferramenta analítica para analisar os dados deste estudo, antes mesmo do processo de tratamento dos dados, é preciso que as ferramentas dos pesquisadores aqui citados sejam apresentadas e que seja feita uma análise crítica das mesmas.

#### **4.5.2 Apresentação e análise das ferramentas fundamentadas em aspectos da teoria de Walton para analisar o diálogo**

A ferramenta analítica que propusemos fundamentada em algumas ideias de Walton (2006) e citada anteriormente, apresenta, explica e justifica critérios lógicos e pragmáticos que não foram contemplados por Walton (2006) para analisar o processo de argumentação de estudantes (Martins e Justi, 2019b).

Para nós, relações de natureza *estrutural* também podem ocorrer de outras maneiras entre um argumento e outro tipo de enunciado. Por exemplo, o estudante pode utilizar as premissas ou a conclusão de um argumento que ele produziu para elaborar uma questão, conclusão e/ou explicação, ou o inverso. Nessas situações, a parte do enunciado utilizada para construir outro enunciado pode exercer uma função diferente da que exercia no primeiro enunciado. Por exemplo, no argumento, uma premissa tem a função de fornecer suporte à conclusão, enquanto na questão ela tem outra função: dar credibilidade à questão e promover a reflexão por parte do interlocutor (Martins e Justi, 2019b).

Além disso, nós propusemos um novo critério para identificar relações entre enunciados que não são argumentos, por exemplo, entre questões: um enunciado, uma parte dele, ou sua interpretação é utilizado(a) para produzir outro enunciado. Tais relacionamentos podem ocorrer em função de o diálogo argumentativo não ser constituído apenas por argumentos (Martins e Justi, 2019b).

Outro critério proposto por nós é o de relação de *conteúdo* entre enunciados argumentativos. Quando há relações de natureza *estrutural* entre enunciados, também há relação de *conteúdo*, isto é, o tema presente em ambos os enunciados é o mesmo. No entanto, o inverso não é verdadeiro, pois estudantes podem elaborar argumentos e outros

tipos de enunciados que se relacionam em função de apenas apresentarem o mesmo tópico. Neste caso, a relação não é de suporte. Quando a relação é de suporte, um dos enunciados detalha o assunto de outro enunciado: o primeiro fornece suporte ao segundo (Martins e Justi, 2019b).

Nós também buscamos explicar os critérios para avaliar a força das relações entre enunciados argumentativos propostos por Walton (2006), bem como propusemos novos critérios. Assim, consideramos que as relações que não são de suporte são mais fracas do que as de suporte porque as primeiras apenas apresentam outra informação relacionada ao assunto do diálogo, enquanto as de suporte especificam ou detalham a informação presente em um enunciado argumentativo<sup>36</sup>. Ademais, os elementos contextuais que o analista possui para fazer inferências podem influenciar tais relacionamentos serem categorizados como diretos ou indiretos. Se houver poucas pistas no discurso<sup>37</sup>, o analista terá dificuldade em inferir as relações, sendo as mesmas classificadas como indiretas. Portanto, um relacionamento direto é mais forte do que um indireto (Martins e Justi, 2019b).

Além disso, avaliamos que estudantes podem tentar atacar argumentos utilizando apenas conclusões, bem como atacar uma questão com outra questão. A primeira situação pode acontecer em função da qualidade das habilidades argumentativas dos estudantes ser baixa e/ou da pouca compreensão desses sobre o assunto discutido. A segunda situação pode ocorrer em um diálogo, pois quando um sujeito elabora uma questão, ele pode se comprometer, mesmo que de forma fraca, com uma proposição que esteja presente nela e, conseqüentemente, com a posição que está sendo defendida (Walton, 2006). Para identificar questões que atacam outras, recomendamos que o analista observe tanto as entonações dos indivíduos, de modo a compreender a direção do questionamento, quanto

---

<sup>36</sup> Apesar de Walton (2006) afirmar que as relações que são de suporte são mais fortes do que as de não suporte, ele não explica o porquê. Ele apenas apresenta os critérios para o analista identificar se a relação é ou não é de suporte.

<sup>37</sup> As pistas no discurso ou contextuais incluem sinais verbais, não verbais e prosódicos como, por exemplo, mudanças de entonação da fala, ênfase, pausa, gestos, olhares, entre outros. Segundo Gumperz (2002), tais pistas podem contribuir para que o analista compreenda as intenções dos sujeitos e infira informações implícitas no discurso, ou seja, compreenda a situação analisada aproximando-se do ponto de vista dos próprios participantes.

todo o discurso, visando analisar se a questão atacada está comprometida com a posição que está sendo defendida (Martins e Justi, 2019b).

Por fim, nós propomos uma forma de representar as movimentações dialógicas realizadas pelos estudantes que contribui para visualizar os enunciados argumentativos que estão relacionados para dar suporte à posição defendida no diálogo, assim como as tentativas de ataque aos grupos de enunciados argumentativos e sua influência no desenvolvimento da argumentação no diálogo. Além disso, essa forma de representar é menos complexa do que as propostas por outros autores (por exemplo, Walton (2006) e Toulmin (1958)), que estruturam as relações entre cada premissa e conclusão. Representar cada premissa e conclusão para um diálogo argumentativo longo (por exemplo, aquele analisado por Kelly *et al.* (1998)) ou argumentos escritos complexos e longos (por exemplo, aqueles analisados por Kelly e Takao (2002)) pode contribuir para que o leitor tenha dificuldade de compreender toda a representação em virtude da grande quantidade de informações representada (Martins e Justi, 2019b).

Para nós, tal ferramenta analítica favorece uma análise ampla e aprofundada dos raciocínios argumentativos dos estudantes, visto que possibilita a análise dos vários tipos de enunciados argumentativos e da relação entre eles a partir de critérios lógicos e pragmáticos bem claros, isto é, explicados e justificados. Além disso, a ferramenta possui potencialidade de ser utilizada para analisar a argumentação ocorrida em diferentes contextos e níveis de ensino, uma vez que possui critérios pragmáticos (relacionados a aspectos descritivos/contextuais) cuja utilização requer que o analista considere o contexto de discussão, assim como critérios lógicos (relacionados a aspectos normativos) que possibilitam analisar a argumentação proferida por sujeitos de diferentes níveis de ensino (Martins e Justi, 2019b).

Por outro lado, avaliamos que a nossa ferramenta possui limitações que se relacionam a: (i) ela ser complexa, no sentido de possuir um grande número de etapas que o analista deve seguir para realizar a análise; (ii) o analista ter que entender as ideias de Walton (2006) e adaptações que foram feitas a elas; e (iii) o analista ter que ser cuidadoso para identificar e analisar todas as relações possíveis a partir de vários critérios (Martins e Justi, 2019b).

Como mencionamos anteriormente, que seja de nosso conhecimento, esta é única ferramenta para analisar a argumentação de estudantes fundamentada em aspectos da teoria de Walton publicada na literatura da área de Educação em Ciências. Mas isso não significa que não existam outras baseadas nesta teoria em outras áreas. Por exemplo, Macagno e Bigi (2017) desenvolveram uma ferramenta analítica para a área de Comunicação.

Segundo Macagno e Bigi (2017), uma das limitações de utilizar os tipos de diálogos de Walton (2006; 2010) para caracterizar o discurso real é que suas definições não possibilitam compreender as mudanças dialéticas que podem acontecer a partir das intenções individuais. Isso porque as definições que esse autor propõe são para intenções coletivas e previamente definidas. No entanto, em diálogos reais, os sujeitos também podem buscar atingir objetivos individuais, os quais podem ou não contribuir para o objetivo coletivo.

A partir desta crítica, os autores propõem tipologias de movimentações dialógicas que possibilitam ao analista compreender as intenções individuais dos sujeitos. Elas se baseiam nas tipologias de diálogo de Walton (2006; 2010). Macagno e Bigi (2017) consideram que as tipologias de movimentações são bem genéricas e, por essa razão, podem ser modificadas de acordo com o contexto em que forem utilizadas e o tipo de análise a ser feita.

No quadro 4.1, apresentamos as tipologias de movimentações dialógicas com suas respectivas descrições.

**Quadro 4.1. Tipologias de movimentações dialógica e sua descrição.**

Tipologia de movimentação dialógica	Descrição
Construção de relacionamento	Movimento dialógico que visa estabelecer, construir ou corrigir o relacionamento entre interlocutores em um diálogo.
Compartilhamento de informações	Movimento dialógico que visa adquirir e fornecer informações, incluindo aquelas sobre aspectos mencionados anteriormente no diálogo.  Ponto de partida: uma das partes não tem a informação que a outra possui.

**Quadro 4.1.** Tipologias de movimentações dialógica e sua descrição. (continuação)

Tipologia de movimentação dialógica	Descrição
Descoberta	Movimento dialógico que visa encontrar uma explicação para os fatos. Ponto de partida: um fato precisa ser explicado.
Investigativo	Movimento dialógico que visa encontrar e verificar evidências. Ponto de partida: uma explicação de um fato.
Persuasão	Movimento dialógico que visa estabelecer se um ponto de vista é aceitável ou não. Ponto de partida: um ponto de vista.
Deliberação	Movimento dialógico que visa resolver um problema prático ou sugerir um tipo específico de comportamento. Ponto de partida: um problema prático (uma decisão a ser tomada).
Negociação	Movimento dialógico que visa tomar uma decisão conjunta sobre um problema ou tarefa que satisfaça os interesses de todos, ou da maioria dos interlocutores. Ponto de partida: Um problema ou atividade a ser resolvida(o) a partir de contribuições de todo o grupo.
Meta Diálogo	Movimento dialógico que visa esclarecer o significado de outros movimentos. Ponto de partida: um mal-entendido ou algum problema de falta de clareza.

**Fonte:** Macagno e Bigi, 2017, p.155.

Macagno e Bigi (2017) também criticam os critérios apresentados por Walton (2006) para analisar a relevância de um enunciado, em função de eles serem subjetivos. Isso pode ser evidenciado pela dificuldade do próprio Walton (2006) em avaliar os argumentos como relevantes ou irrelevantes em diálogos que começam de forma natural, isto é, sem haver uma expressão e/ou negociação do objetivo coletivo da discussão, e com mudanças dialéticas de um tipo de diálogo para outro tipo.

Em 2017, Walton e Macagno publicaram o artigo *Profiles of Dialogue for Relevance* com objetivo de estabelecer critérios menos subjetivos para analisar a relevância de argumentos. Para isso, utilizam métodos (como, por exemplo, diagramas de argumentos

(gráficos), esquemas de argumentação, perfis de diálogo e algumas ferramentas de inteligência artificial) para julgar a relevância ou a irrelevância de um argumento em quatro exemplos reais, incluindo um julgamento criminal e um debate parlamentar.

Por outro lado, Macagno (2018), no artigo *Assessing relevance*, ao aprofundar a discussão sobre como a relevância tem sido avaliada em diversos campos, tais como *Filosofia da Linguagem e Pragmática*, *Análise do Discurso* e *Teorias da Argumentação*, menciona que esses campos têm buscado analisar a relevância dos enunciados de forma dicotômica, isto é, como sendo relevante ou irrelevante (como, por exemplo, Walton e Macagno (2017)), e com esquemas de codificações subjetivos. Para Macagno (2018), é necessário propor critérios quasi-lógicos para avaliar a qualidade das movimentações dialógicas, o que pode contribuir para avançar a ideia de relevância presente na teoria de Walton. Nesse sentido, ele propõe três condições específicas que caracterizam a movimentação dialógica como relevante:

- a movimentação dialógica deve ser coerente com o objetivo da(s) movimentação(es) anterior(es). Isso não significa que em uma mesma sequência dialógica os sujeitos não possam buscar objetivos diferentes. A incoerência acontece quando os movimentos de pessoas distintas não são compatíveis uns com os outros. Em outras palavras, um sujeito não busca atingir o objetivo (propósito comunicativo) proposto pelo outro sujeito e seu movimento não contribui para o objetivo principal do diálogo. Por exemplo, se um sujeito busca alguma informação, ele espera que o interlocutor a forneça, pois isso contribuirá para o diálogo se movimentar. Mas se o interlocutor toma uma decisão qualquer ao invés de fornecer a informação, esse movimento não contribui para o avanço do diálogo e, portanto, é avaliado como irrelevante;
- a movimentação dialógica deve abordar o mesmo tópico da(s) movimentação(es) anterior(es). Por exemplo, se um indivíduo faz uma pergunta, o interlocutor deve expressar uma informação com o mesmo tópico do diálogo. Caso contrário, o movimento será considerado irrelevante; e

- a movimentação dialógica deve contribuir para o conhecimento comum<sup>38</sup>. Por exemplo, se um sujeito busca informações, ele espera que o outro forneça informações novas ou específicas, que não fazem parte de seu repertório. Caso contrário, o movimento será irrelevante.

Para Macagno (2018), há movimentos que podem ser avaliados como fracamente relevantes, pois eles podem contribuir potencialmente para o objetivo da conversa, mas essa contribuição pode ser mais ou menos aceitável dependendo de determinadas condições específicas. Para avaliar se o movimento é relevante ou fracamente relevante, ele propõe um quarto critério: distância inferencial. Este é definido em função do *número* (quantidade), da *acessibilidade* e da *aceitabilidade* (qualidade) de inferências necessárias para conectar uma premissa (o movimento) a uma conclusão (tópico do diálogo ou objetivo da movimentação). Essas três variáveis (a *acessibilidade* e *aceitabilidade* das *premissas inferidas*, e o *número de inferências*) podem afetar a qualidade da inferência.

A *acessibilidade das premissas inferidas* está relacionada às premissas explícitas e às expressas frequentemente estarem mais acessíveis do que as implícitas e as que são expressas poucas vezes. Por outro lado, a *aceitabilidade das premissas inferidas* se refere à expressão e aceitação de determinadas premissas pelos interlocutores ao longo do diálogo. Se determinadas premissas não tiverem sido expressas anteriormente, isso pode contribuir para que as premissas inferidas sejam classificadas como não aceitáveis. Portanto, se as premissas são facilmente reconstruídas, mas não podem ser consideradas aceitáveis, o movimento é classificado como fracamente relevante (Macagno, 2018).

Por fim, a variável *número de inferências* está relacionada à recuperação de premissas que não foram expressas (implícitas) em um diálogo a partir do estabelecimento de inferências que conectam o movimento U ao tópico X ou ao objetivo do(s) movimento(s) anterior(es). Se tais premissas forem facilmente recuperadas (isto é, a partir de poucas etapas inferenciais), há possibilidade de o movimento ser relevante. Caso contrário, ele será

---

<sup>38</sup> Nesse estudo, entendemos conhecimento comum (denominado 'common ground' na língua inglesa) como a integração dialética sociocultural entre o conhecimento prévio compartilhado, que implica o conhecimento generalizado sobre o mundo, e o compartilhado emergente, que emerge a partir de um diálogo (Kecskes e Zhang, 2009). Tal perspectiva vai ao encontro das visões de aprendizagem, argumentação e modelagem que fundamentam nossa pesquisa.

fracamente relevante porque o estabelecimento de muitas etapas de inferências diminui a confiabilidade de a premissa inferida ser aquela com a qual o interlocutor está comprometido (Macagno, 2018).

No quadro 4.2, apresentamos a escala de avaliação da relevância de movimentos dialógicos segundo Macagno (2019) com objetivo de que o leitor compreenda mais profundamente os critérios utilizados para identifica-la.

**Quadro 4.2. Escala de avaliação de relevância para movimentações dialógicas.**

Avaliação da relevância de movimentos dialógicos	Características
Irrelevante	1. Incoerência pragmática. Movimento U não é coerente com o objetivo conversacional do(s) movimento(s) anterior(es).
	2. Incoerência de tópico. Movimento U não aborda o tópico X abordado no(s) movimento(s) anterior(es).
	3. Falta de contribuição para o conhecimento comum. Movimento U falha em contribuir para o conhecimento comum, pois: <ul style="list-style-type: none"> <li>a. não está conectado a ele, uma vez que não é possível recuperar as premissas conectando o movimento U ao tópico X ou ao objetivo do(s) movimento(s) anterior(es); ou</li> <li>b. não consegue aumentá-lo, visto que não fornece suposições novas ou específicas para o tópico X.</li> </ul>
Fracamente relevante	1. As premissas que conectam o movimento U ao tópico X ou ao objetivo conversacional são implícitas e podem ser facilmente reconstruídas (acessíveis), mas não podem ser consideradas aceitáveis;  OU  2. As premissas que conectam o movimento U ao tópico X ou ao objetivo conversacional são implícitas e podem ser reconstruídas apenas por meio de várias etapas inferenciais, que geram premissas pouco aceitáveis (baixa acessibilidade e baixa aceitabilidade).

**Quadro 4.2.** Escala de avaliação de relevância para movimentações dialógicas. (continuação)

Avaliação da relevância de movimentos dialógicos	Características
Relevante	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Movimento U é coerente com o objetivo do(s) movimento(s) anterior(es); e</li> <li>2. Movimento U aborda o tópico X do(s) movimento(s) anterior(es); e</li> <li>3. Movimento U contribui para o conhecimento comum, pois:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. está conectado a ele, uma vez que é possível recuperar as premissas conectando o movimento U ao tópico X ou ao objetivo do(s) movimento(s) anterior(es); e</li> <li>b. fornece suposições novas ou específicas para o tópico X.</li> </ol> </li> </ol> <p>OU</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Distância inferencial:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. as premissas pouco acessíveis, que estão conectadas ao movimento U a partir do tópico X ou objetivo conversacional, são explicitadas; e</li> <li>b. as premissas implícitas podem ser facilmente reconstruídas (acessíveis) a partir de poucas etapas inferenciais; e</li> <li>c. as premissas implícitas podem ser consideradas aceitáveis.</li> </ol> </li> </ol>

**Fonte:** Macagno, 2019, p. 10.

As proposições de Macagno e Bigi (2017) e Macagno (2018) relacionadas às tipologias de movimentações dialógicas e aos critérios de avaliação de relevância para tais movimentações geraram mudanças no conceito de relevância, que é entendido por esses autores como a importância de um movimento para os objetivos principal e específicos de um diálogo. Para Walton (2006), o conceito de relevância é visto como a importância dos enunciados de um diálogo para atingir seu objetivo. Portanto, Macagno e Bigi (2017) ampliam o conceito de relevância de Walton (2006) ao considerar que os enunciados (nas palavras deste autor) ou movimentos (nos dizeres de Macagno e Bigi (2017)) devem também atingir os objetivos específicos que podem existir em um diálogo.

A partir do que apresentamos neste tópico, podemos dizer que a ferramenta produzida por Macagno e Bigi (2017) e Macagno (2018) possui aspectos parecidos com a que propusemos recentemente (Martins e Justi (2019b)), visto que ambas consideram,

explicam e justificam os critérios: coerência com o objetivo do diálogo; relação de conteúdo/tópico entre sentenças; e distância inferencial para analisar os movimentos proferidos por sujeitos em um diálogo. Por outro lado, observamos que a ferramenta de Macagno e Bigi (2017) e Macagno (2018):

- possui menos critérios e categorias do que a nossa, o que pode resultar uma menor dificuldade do analista em utilizá-la;
- expressa, explica e justifica o critério de distância inferencial de forma clara e a partir de elementos quasi-lógicos. Em contrapartida, a ferramenta que produzimos explica que as pistas contextuais podem influenciar na proposição de inferências, mas não estabelece critérios que avaliam a validade da inferência; e
- possui categorias para caracterizar a natureza e a função de diferentes tipos de movimentos, como os de persuadir, buscar informação, deliberar, investigar, entre outros. Tal aspecto não é contemplado pela nossa ferramenta.

No que diz respeito à ferramenta que produzimos, ela possui determinadas características que a de Macagno e Bigi (2017) e Macagno (2018) não possui, como:

- ter sido desenvolvida para o contexto educacional e ter potencialidade de ser utilizada para analisar a argumentação envolvendo temas científicos e sociocientíficos ocorrida em diferentes níveis de ensino. Em contrapartida, a ferramenta de Macagno e Bigi (2017) e Macagno (2018) precisa ser modificada para que possa ser utilizada em contextos educacionais, uma vez que ela foi elaborada para ser aplicada em contextos cotidianos; e
- possibilitar a análise da estrutura dos movimentos argumentativos de questionar, refutar, fornecer ou não suporte a um enunciado argumentativo e explicar. Tal aspecto não pode ser analisado a partir da ferramenta de Macagno e Bigi (2017) e Macagno (2018), pois seu foco é mais geral: a identificação da natureza dos movimentos dialógicos. Isso significa que aspectos específicos de movimentos dialógicos argumentativos não são explorados.

Levando em consideração a abrangência e as limitações de cada ferramenta, consideramos ser interessante desenvolver uma nova ferramenta para analisar argumentação tanto como processo quanto produto em contextos de ensino de Ciências

por investigação<sup>39</sup> a partir (i) do uso e/ou adaptações de alguns critérios e categorias dessas duas ferramentas; (ii) de outras ideias de Walton que não estão presentes nelas; e (iii) da criação de novos critérios e categorias voltados especificamente para os objetivos do presente estudo. Tal processo é possível de ser realizado porque as duas ferramentas se baseiam no mesmo referencial teórico. Além disso, por estarmos em contexto de ensino, avaliamos que a nova ferramenta também deve possibilitar identificar se há construção de conhecimentos pelos estudantes.

No capítulo 5, apresentamos a nova ferramenta discutindo como ela foi construída para analisar os dados deste estudo. Tal discussão dá suporte à resposta para nossa primeira questão de pesquisa: *Como aspectos da teoria do diálogo podem ser utilizados na elaboração de uma ferramenta para analisar o processo de argumentação em situações de ensino de Ciências por investigação?*

#### 4.5.3 Processo de tratamento de dados

Para que possamos responder nossa segunda questão de pesquisa (*Quais são as abrangências e as limitações desta ferramenta quando utilizada na análise de situações de ensino de Ciências por investigação?*), é preciso tratar nossos dados. Como mencionamos na seção "Coleta de Dados", selecionamos dois grupos: G3 e G6 da turma 301<sup>40</sup>. Para isso, fizemos uma análise comparativa entre os grupos pré-selecionados visando avaliar em quais os estudantes foram mais assíduos e participativos nas discussões e atividades. Tal análise considerou as descrições, que exibem as discussões integrais entre estudante-estudante e entre estudante-professora/pesquisadoras promovidas em cada aula e grupo, assim como as notas de campo feitas ao longo de todo o processo de coleta de dados.

---

<sup>39</sup> Optamos por elaborar uma ferramenta que pudesse ser utilizada para analisar a argumentação em contextos de ensino de Ciências por investigação em vez dos de ensino fundamentado em modelagem, uma vez que aquela abordagem é mais ampla do que esta. Assim, nossa nova ferramenta poderia ter um potencial analítico maior.

<sup>40</sup> Não é possível para nós selecionarmos mais de dois grupos, pois, em função do volume de dados a serem analisados e de nossa pretensão de realizar uma análise minuciosa dos dados, isto implicaria não finalizar a análise em tempo hábil para a conclusão da tese no prazo. Também não é possível realizar um estudo aprofundado com apenas um grupo de estudantes, pois isto inviabilizaria responder nossas questões de pesquisa.

Somente após a seleção dos grupos e a ferramenta construída é que transcrevemos <sup>41</sup>, quando necessário, todas as falas dos estudantes, professora e pesquisadoras e de maneira situada ao longo das descrições. Estas também continham os registros por escrito das atividades realizadas pelos grupos, os desenhos e as fotografias dos modelos concretos que eles produziram e, quando necessário, as notas de campo redigidas pelas pesquisadoras.

Para que tais transcrições fossem feitas, todos os vídeos e áudios foram assistidos e escutados novamente<sup>42</sup>.

A partir da descrição de todo o processo acompanhada das transcrições produzimos os dados que subsidiaram a elaboração do estudo de caso que auxiliou a responder nossas questões de pesquisa.

#### 4.5.4 Estudo de caso qualitativo

Optamos por apresentar o segundo resultado desta tese a partir de um estudo de caso qualitativo (EC) em que são explorados dois casos: G3 e G6. Essa escolha se justifica em virtude dos objetivos deste estudo e do que defendemos ao longo do texto, isto é, o desenvolvimento de uma nova ferramenta que analisa o *processo* argumentativo e uso de instrumentos metodológicos que favoreçam investigar o *processo* vivenciado pelos estudantes. Assim, não faz sentido investigar o *processo* de argumentação dos estudantes em diferentes situações de ensino fundamentadas em modelagem apresentando apenas o *produto*. O que faz sentido é utilizar uma forma de apresentar os dados que: (i) enfatize o contexto em que o fenômeno ocorre e possibilite a compreensão do mesmo sob a perspectiva dos integrantes do grupo (nossa unidade de análise) (ii) favoreça compreender o dinamismo das ideias dos sujeitos participantes. O EC é uma maneira de apresentar os dados que vai ao encontro dessas premissas.

---

<sup>41</sup> Os erros de português presentes nas falas dos participantes foram corrigidos para que a leitura das transcrições se tornasse mais fluida.

<sup>42</sup> Durante a análise de dados, quando necessário, retornamos aos vídeos e áudios para conferir alguma fala que, por algum motivo, não tenha ficado clara, principalmente, em situações em que a pessoa que estava falando se encontrava longe do gravador.

De acordo Merriam (2009), o caso é um sistema limitado e ele pode ser uma pessoa, um programa, um grupo etc. Além disso, em um EC, o pesquisador pode explorar um único caso ou múltiplos casos ao longo do tempo, a partir de uma coleta de dados densa que envolve várias fontes de informações e possibilita a construção de uma descrição rica e detalhada (Merriam, 2009).

Avaliamos que nossa pesquisa é coerente com essa estratégia, uma vez que buscamos compreender a argumentação de dois grupos de estudantes em diferentes situações de ensino fundamentadas em modelagem. Portanto, nossa pesquisa se trata de dois casos limitados, uma vez que se refere à argumentação desenvolvida por aqueles grupos em uma sala de aula específica. Além disso, nossa coleta de dados, como descrevemos anteriormente, se deu por meio da observação durante o período de agosto e novembro de 2017, o que resultou em um grande volume de dados. Isto contribuiu para que descrições detalhadas dos casos investigados fossem geradas em ordem cronológica.

Além disso, segundo Merriam (2009), o estudo de caso qualitativo pode ser caracterizado como *particular*, *descritivo* e *heurístico*.

O fato de EC ser *particular* significa que ele envolve uma situação singular, evento, programa ou fenômeno que possui grande importância em virtude de o que se revela sobre o fenômeno, contribuindo para sua compreensão, ou de o que o fenômeno representa, isto é, em função de o que ele representa ser significativo e justificar ser estudado.

O EC também é *descritivo*, o que significa que seu produto final é uma descrição rica e completa do fenômeno em estudo. Além disso, ele contribui para que o leitor entenda o todo, sendo assim, *heurístico*.

Avaliamos que nossa pesquisa atende esses requisitos, uma vez que os casos investigados neste trabalho – a argumentação de dois grupos de estudantes em diferentes situações de ensino fundamentadas em modelagem – são *particulares*, pois iluminam discussões sobre as nossas outras questões de pesquisa:

- *Existem diferenças na argumentação de estudantes quando participam de situações de ensino de Ciências fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico? Em caso afirmativo, quais são elas?*

- *Que relações podem ser estabelecidas entre a natureza de cada situação de ensino fundamentado em modelagem e a argumentação dos estudantes?*
- *Que relações podem ser estabelecidas entre as atividades de modelagem e a argumentação dos estudantes?*

Tais casos também podem favorecer discussões sobre as contribuições da integração das práticas científicas argumentar e modelar em contextos regulares de ensino, assim como podem dar suporte para discutirmos a nossa segunda questão de pesquisa: *Quais são as abrangências e as limitações desta ferramenta quando utilizada na análise de situações de ensino de Ciências por investigação?*, como mencionamos anteriormente.

Nosso EC também atende ao requisito *descritivo*, visto que os dados coletados permitem uma análise minuciosa dos casos. Isso gerou descrições detalhadas sobre:

- i. a argumentação dos dois grupos de estudantes em diferentes situações ensino fundamentadas em modelagem;
- ii. as diferenças na argumentação dos dois grupos de estudantes quando participam de diferentes situações de ensino de ciências fundamentadas em modelagem;
- iii. as relações estabelecidas entre a natureza de cada situação de ensino fundamentada em modelagem e a argumentação dos estudantes; e
- iv. as relações estabelecidas entre a argumentação dos dois grupos de estudantes e a construção de seus conhecimentos em diferentes situações de ensino de ciências fundamentadas em modelagem.

Em tais descrições, produzidas para cada grupo (G3 e G6), apresentamos: os objetivos de cada modelagem de acordo com seu contexto; os objetivos de cada atividade; a participação dos estudantes nas atividades (isto é, o que eles expressaram e/ou vivenciaram ao longo do processo, os seus resultados, ou seja, suas respostas e modelos desenhados nas atividades impressas, assim como os modelos concretos produzidos pelos mesmos); as intervenções feitas pela professora e pelas pesquisadoras; e as discussões realizadas pela professora durante e/ou após os momentos de socialização dos modelos propostos pelos diferentes grupos ao longo das atividades para toda a turma.

Por fim, consideramos que o nosso EC é *heurístico*, pois pode favorecer ao leitor compreender a argumentação de estudantes em diferentes situações de ensino

fundamentadas em modelagem a partir de uma nova ferramenta fundamentada em aspectos da teoria do diálogo, assim como as contribuições e limitações dessa ferramenta quando utilizada na análise dessas situações. Além disso, o EC pode iluminar a compreensão do leitor sobre as várias relações que buscamos investigar neste trabalho, citadas anteriormente.

A partir do exposto, avaliamos que a metodologia adotada para apresentar os dados coletados está coerente não apenas com a maneira que os analisamos, mas também com toda a nossa pesquisa.

#### 4.5.5 Análise de dados

Para análise dos dados apresentados no EC, utilizamos a ferramenta analítica produzida. Tivemos o cuidado de exemplificar seu uso para que o leitor possa compreender como a análise foi feita.

Após a construção da ferramenta, foram analisados os dados da modelagem no contexto cotidiano, o que contribuiu para refinar suas categorias. Após nove meses da análise<sup>43</sup>, a revisitamos e a discutimos com o objetivo de validá-la<sup>44</sup>.

O processo de análise dos dados das situações de ensino fundamentado em modelagem nos contextos científico e sociocientífico transcorreu quase que da mesma forma que para os da modelagem no contexto cotidiano, ou seja, houve refinamento das categorias e triangulação dos dados. A única diferença foi o tempo de espera para discutirmos as análises, que foi bem menor.

Depois de analisar os dados, elaboramos quadros com as classificações para as categorias de cada nível de análise que constitui a nova ferramenta. Na sequência, com base nos quadros, construímos gráficos que exibem a frequência das categorias de cada nível de análise. Essa forma de organizar os resultados obtidos contribuiu para que percebêssemos e estabelecêssemos relações que favoreceram responder nossas questões

---

<sup>43</sup> Durante uma parte deste período, optamos por nos dedicar à escrita de artigos, enquanto na outra estive estudando para concorrer a uma vaga de professor do magistério superior na área de Ensino de Química em um concurso público federal.

<sup>44</sup> A triangulação das análises dos dados foi feita por mim e minha orientadora.

de pesquisa. Tais gráficos podem favorecer ao leitor entender nossos resultados, assim como as discussões sobre os mesmos. Assim, no capítulo 6 desta tese, os apresentamos junto com as discussões sobre eles, as quais estão atreladas às nossas questões de pesquisa.

## 5. RESULTADO TEÓRICO

Neste capítulo, apresentamos o resultado teórico, que corresponde à proposição de uma ferramenta para analisar dados como os nossos. Para isso, apresentamos:

- i. cada um dos níveis de análise que constitui a nova ferramenta visando discutir os critérios e categorias que foram usados e/ou adaptados das ferramentas analíticas de Macagno e Bigi (2017) e Macagno (2018) e Martins e Justi (2019b);
- ii. outras ideias de Walton que não estão presentes nas ferramentas analíticas de Macagno e Bigi (2017) e Macagno (2018) e Martins e Justi (2019b) e foram utilizadas; e
- iii. os novos critérios e categorias elaborados para atender os objetivos de nossa ferramenta, isto é, de analisar a argumentação (como processo e produto) de estudantes em contextos de ensino de Ciências por investigação.

### Nível 1: Seleção das discussões a serem analisadas

A ferramenta tem o objetivo de analisar o processo de argumentação de estudantes. Então, é necessário que, inicialmente, as discussões argumentativas sejam selecionadas.

Como mencionamos no capítulo 2, para Walton (2006), a argumentação não acontece apenas quando os sujeitos apresentam ideias contrárias ou quando um dos sujeitos discorda de uma ideia sem expressar um ponto de vista, mas também quando um dos sujeitos apresenta um ou mais ponto(s) de vista para um determinado assunto e outro o auxilia na tomada de decisão ao avaliar, por exemplo, o(s) ponto(s) de vista em discussão. Isso pode ser evidenciado pelas características dos diálogos que esse autor propõe. Por exemplo, nos diálogos de *deliberação*, *descoberta*, e *procura por informação*, há possibilidade de ocorrer todas essas situações. Por outro lado, nos diálogos de *persuasão*, *erística* e *negociação*, as situações argumentativas que podem acontecer são: sujeitos apresentam posições opostas a um mesmo assunto e/ou um dos sujeitos apresenta uma posição enquanto outro discorda da mesma sem apresentar outro ponto de vista.

Tais situações argumentativas vão ao encontro daquelas propostas por Baker (2009), que caracteriza quatro situações argumentativas: Na situação A, o sujeito 1 (S1) defende a

tese 1 (T1), o sujeito 2 (S2) defende a tese 2 (T2), e ambos os sujeitos não aceitam as teses defendidas pelo outro. Na situação B, S1 defende T1 e S2 não a aceita, mas não apresenta outro ponto de vista. Na situação C, um único sujeito aceita simultaneamente duas teses e, então, precisa decidir por uma delas. Finalmente, na situação D, um único sujeito tem dúvidas sobre se aceita ou não uma determinada tese. Como as situações C e D são individuais, elas podem ocorrer na mente do indivíduo que apresenta dúvidas. Porém, como muitos problemas são difíceis de serem resolvidos sem uma cooperação, nessas situações a interação com o outro possibilitaria a tomada de decisões/avaliação da(s) tese(s) (Baker, 2009).

Assim, existe coerência entre as ideias de Walton (2006) e as de Baker (2009) sobre as diferentes situações argumentativas. Além disso, também há coerência em relação ao entendimento de que argumentação é uma atividade social. No entanto, em função de Baker (2009) expressar tais situações como categorias e de estas terem sido desenvolvidas tendo como foco o contexto educacional no qual os estudantes devem solucionar problemas colaborativamente, nós as utilizamos para identificar as discussões argumentativas proferidas pelos estudantes.

Para melhor caracterizar o contexto para o qual a ferramenta foi proposta, o de ensino de Ciências por investigação, modificamos ligeiramente a redação das descrições das situações argumentativas, mas sem alterar a ideia central de cada uma delas. Assim, para identificarmos as situações argumentativas ocorridas em contextos de ensino de Ciências por investigação, consideramos:

- Situação 1.1: estudantes apresentam ideias opostas, ou diferentes para um mesmo assunto; OU
- Situação 1.2: um estudante apresenta uma ideia, enquanto outro discorda ou dúvida dessa ideia, mas sem apresentar outra ideia; OU
- Situação 1.3: um estudante apresenta duas ou mais ideias para um determinado assunto e o outro o auxilia na tomada de decisão (avaliação das ideias); OU
- Situação 1.4: um estudante apresenta dúvida em relação a uma ideia que ele mesmo propôs e o outro o auxilia na tomada de decisão (avaliação da ideia).

Apesar de Baker (2009) propor categorias para identificar as situações argumentativas nos discursos dos estudantes, ele não criou critérios para auxiliar o analista a delimitá-las. A elaboração de tais critérios é importante, visto que os estudantes não se engajam em situações argumentativas o tempo todo em sala aula. A nosso ver, esse engajamento depende de fatores como: o que a atividade solicita, os distintos conhecimentos que os estudantes possuem sobre o tópico discutido e a qualidade das capacidades argumentativas dos estudantes. A partir disso, elaboramos os seguintes critérios para delimitar as situações argumentativas:

- objetivo(s) principal(is) da atividade. A atividade pode possuir um ou mais objetivos. Para atingi-lo(s), os estudantes devem engajar em situações argumentativas atrelada(s) a cada objetivo. Portanto, para delimitar as situações argumentativas, é necessário identificar tal(tais) objetivo(s). Assim, a situação argumentativa (caso exista) será delimitada por ele(s); e
- tópico discutido. Para atingir o(s) objetivo(s) principal(is) da atividade, os estudantes podem se engajar em situações argumentativas envolvendo tópicos distintos. Então, para delimitá-las, é necessário identificar o tópico focado na discussão. Assim, se houver apenas um tópico discutido para atingir o objetivo da atividade, a situação argumentativa (caso exista) é única.

## **Nível 2: Identificação da(s) natureza(s) dialógica(s) de cada atividade**

Diferentemente do contexto de fora de sala de aula, em que os sujeitos não necessariamente deixam claro qual(uais) é(são) o(s) objetivo(s) da conversa, em um contexto educacional é de suma importância que os estudantes compreendam o objetivo de cada atividade. Isso porque tal compressão pode contribuir para que eles se engajem em um diálogo que favoreça atingir o objetivo da atividade e, conseqüentemente, contribua para sua aprendizagem (Gomes *et al.*, 2008).

Nesse sentido, é preciso identificar em qual(uais) tipo(s) de diálogo(s) a atividade favorece o engajamento dos estudantes. Para identifica-los, utilizamos e/ou adaptamos as tipologias de diálogos segundo Walton (2006). Tanto os objetivos quanto os tipos de diálogos podem ser identificados como no quadro 5.1.

**Quadro 5.1.** Objetivos dos tipos de diálogos na nova ferramenta.

Diálogo	Objetivo
De compartilhamento de informação (Dcin)	Trocar informações.
De persuasão (Dpe)	Resolver um conflito de ideias.
De descoberta (Dds)	Elaborar explicação(es) relacionada(s) ao tópico em discussão.
De investigação (Din)	Investigar/testar a validade de hipótese(s) a partir de evidências.
De deliberação (Ddl)	Propor uma solução/ação para um problema em discussão, ou solucionar tal problema.

**Fonte:** Autoria nossa.

As adaptações se fizeram necessárias em virtude do contexto para qual a ferramenta foi proposta. Por exemplo, Walton (2006) menciona que o objetivo do diálogo de descoberta é ‘encontrar’ uma explicação, mas esse termo não é adequado para uma perspectiva de ensino construtivista, em que os estudantes não são apenas reprodutores de conhecimentos ou consumidores de conhecimentos e informações produzidas por outros. Portanto, optamos por utilizar o termo ‘elaborar’ uma explicação. Tivemos o cuidado de promover substituições neste sentido na redação dos objetivos de todos os tipos de diálogo.

Devemos destacar que o *diálogo de erística* não se encontra nesse nível da ferramenta pois, em um contexto educacional, os professores e/ou as propostas de atividades devem buscar promover discussões que favoreçam aos estudantes questionar e/ou avaliar as ideias de seus colegas, e não ataca-los pessoalmente, o que não contribui para a aprendizagem (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Por fim, não consideramos o *diálogo de negociação* nesta ferramenta em virtude de o contexto ser o de ensino por investigação. No *diálogo de negociação*, os participantes devem negociar de forma a obter vantagens pessoais. Em um contexto educacional, esse tipo de diálogo ocorre, por exemplo, quando a professora negocia a realização de uma atividade em troca de pontos ou outras vantagens que sejam interessantes para os estudantes. Por outro lado, no contexto de ensino por investigação, esse tipo de diálogo

tende a não contribuir para construir e avaliar conhecimentos curriculares de natureza(s) social e/ou científica. Portanto, não é coerente considerá-lo em nossa proposta.

### **Nível 3: Identificação da natureza da movimentação**

No quadro 5.2, apresentamos os tipos de movimento nos quais os estudantes podem se engajar em um diálogo e os critérios para auxiliar o analista a identificá-los, isto é, a situação inicial, os objetivos da movimentação dialógica, e os objetivos dos participantes.

**Quadro 5.2.** Critérios de identificação da natureza de movimentos dialógicos.

Tipo	Situação inicial	Objetivos da movimentação dialógica	Objetivos dos participantes
Movimento Dialógico de compartilhamento de informação (MDcin)	Necessidade de informação.	Obter ou fornecer informações em resposta a uma demanda/questão.	<p>Professor: obter informações dos estudantes visando conhecer suas ideias sobre determinado assunto a fim de conduzir o processo de ensino; ou fornecer determinadas informações para os estudantes para que eles continuem a desenvolver suas ideias e consigam coconstruir o conhecimento comum.</p> <p>Estudantes: buscar e fornecer informações aos colegas visando desenvolver ideias.</p>
Movimento Dialógico de deliberação (MDdel)	Necessidade de solucionar um problema, tomar uma decisão ou agir como resultado disto.	Solicitar uma tomada de decisão ou solução de um problema. Selecionar ou sugerir uma solução/ação mais coerente/adequada a ser considerada.	<p>Propor solução(es)/ações ou selecionar a solução mais adequada a ser considerada.</p> <p>Solicitar a proposição de solução(es)/ações ou a escolha de uma entre possíveis soluções/ações.</p>
Movimento Dialógico de descoberta (MDdes)	Necessidade de elaborar uma explicação para um fato ou fenômeno.	Solicitar ou elaborar explicação(ões).	Solicitar ou propor hipótese(s) associadas à elaboração da(s) explicação(ões), de forma individual ou coletiva, a partir do compartilhamento de ideias prévias visando explicar um fato/fenômeno.
Movimento Dialógico de erística (MDeri)	Discordância de uma pessoa.	Atacar ou defender a pessoa.	Derrotar o oponente a qualquer custo.

**Quadro 5.2.** Critérios de identificação da natureza de movimentos dialógicos. (continuação)

Tipo	Situação inicial	Objetivos da movimentação dialógica	Objetivos dos participantes
Movimento Dialógico de investigação (MDinv)	Necessidade de analisar hipótese(s) a partir de evidências.	Investigar a validade de hipótese(s) a partir de evidências ou solicitar que isto seja feito.	Solicitar ou analisar hipótese(s) a partir de evidência(s).
Movimento Dialógico persuasivo (MDper)	Necessidade de justificar uma ideia em situação de expressão mais completa da mesma ou de conflito de ideias (discordância ou dúvida sobre uma ideia).	Convencer o outro da validade de uma ideia ou solicitar que isto seja feito. Ou Resolver um conflito de ideias visando analisar cada ideia ou solicitar que este conflito seja solucionado.	Explorar, ou solicitar que seja explorada, cada ideia ou solução proposta com profundidade, isto é, avaliando seus pontos fortes e fracos a partir de argumentos, razões e questionamentos.
Movimento Dialógico persuasivo de disputa (MDpdi)	Conflito de ideias: são apresentadas duas ou mais ideias divergentes para um mesmo assunto.	Resolver um conflito de ideias visando selecionar qual(is) ideia(s) é(são) mais adequada(s) ou coerente(s) ou solicitar que este conflito seja solucionado.	Buscar evidenciar que uma dada ideia é melhor, ou tem maior poder explicativo, do que a(s) de uma outra parte(s) em um determinado contexto a partir do uso de argumentos e razões que o sustentem e/ou refutem a(s) outra(s) ideia(s); ou solicitar que isto seja feito.
Movimento Meta-Dialógico de consenso (MMDcon)	Necessidade de estabelecer consenso acerca de uma ideia.	Expressar o compartilhamento de uma mesma ideia ou verificar se isto acontece.	O sujeito expressa que está de acordo com a ideia de outro sujeito visando deixar claro que ambos compartilham a mesma ideia.  O sujeito busca verificar se outro sujeito compartilha a mesma ideia.

**Quadro 5.2.** Critérios de identificação da natureza de movimentos dialógicos. (continuação)

Tipo	Situação inicial	Objetivos da movimentação dialógica	Objetivos dos participantes
Movimento Meta-Dialógico de esclarecimento do significado de uma ideia (MMDesi)	Um mal-entendido ou algum problema de falta de clareza em relação ao significado de uma ideia.	Esclarecer o significado de uma ideia presente em outros movimentos, ou buscar esclarecimento sobre tal significado.	Esclarecer ou buscar esclarecimento sobre uma ideia em discussão.
Movimento Meta-Dialógico de estabelecimento de contexto (MMDect)	Incerteza se o interlocutor possui conhecimento prévio sobre um assunto.	Esclarecer se o sujeito possui algum conhecimento prévio considerado relevante para a discussão, ou buscar esclarecimento sobre isto.	Um sujeito busca saber se o outro (professor e/ou estudante(s)) possui conhecimento(s) prévio(s) sobre um determinado assunto antes de compartilhar ou propor algo relacionado a tal assunto.  O sujeito esclarece se ele possui conhecimento(s) prévio(s) sobre um determinado assunto.
Movimento Meta-Dialógico de esclarecimento de movimento (MMDemo)	Um mal-entendido ou algum problema de falta de clareza relacionado a algum movimento anterior.	Esclarecer o significado do objetivo de outros movimentos, ou buscar esclarecimento sobre tal significado.	Esclarecer ou buscar esclarecimento sobre o ponto em questão.

**Fonte:** Autoria nossa.

Para desenvolver o nível 3 de análise da nova ferramenta (quadro 5.2), nos baseamos na ferramenta de Macagno e Bigi (2017) e fizemos algumas mudanças de forma a contemplar os contextos de ensino por investigação. Por exemplo, no *Movimento Dialógico de investigação*, entendemos evidência segundo Mendonça e Justi (2013), uma vez que tal definição foi proposta em um contexto de ensino por investigação. De acordo com essas autoras, evidência (aquilo que fornece ou contribui para fornecer prova da existência ou da ocorrência de algo) é algo que o estudante observa em uma experiência (realizada experimentalmente no momento da atividade, ou prévia, do cotidiano) ou um dado que foi obtido por outrem em um experimento. Dados empíricos podem corresponder a evidências ou podem ser recortados de modo a se selecionar apenas aqueles que contribuem para provar algo. Por outro lado, no *Movimento Dialógico de compartilhamento de informações*, procuramos detalhar os objetivos de professores e estudantes considerando a perspectiva de ensino e aprendizagem que adotamos, isto é, que o professor busca compreender os conhecimentos que seus estudantes possuem sobre determinado assunto e/ou fornecer determinadas informações para conduzir um ensino em que os estudantes construam seus conhecimentos. Além disso, consideramos que as informações compartilhadas pelos estudantes podem ser opiniões ou hipóteses em contexto de ensino. Isso porque, por estarem vivenciando um processo de construção de conhecimento, eles podem não ter certeza da credibilidade das informações que expressaram. Tal aspecto está de acordo com a teoria de Walton (2010), uma vez que este autor afirma que informações podem ser questionadas e avaliadas.

Outro aspecto que buscamos contemplar foi a diferença entre o *Movimento Dialógico persuasivo* e o *de disputa*. Duas razões justificam a necessidade dessa diferenciação. A primeira está relacionada a resultados de pesquisas que analisaram argumentação em contextos de ensino por investigação (por exemplo, Passmore e Svoboda, 2012; Mendonça e Justi, 2013). Tais resultados indicam que há momentos em que os estudantes se engajam em argumentação com a finalidade de analisar cada ideia com profundidade, isto é, avaliando seus pontos fortes e fracos, assim como para solicitar que tais aspectos sejam feitos. Por outro lado, em outros momentos, os estudantes se engajam em argumentação visando evidenciar que uma dada ideia é melhor, ou tem maior

poder explicativo, do que a(s) de uma outra parte(s) em um determinado contexto ou solicitar que isto seja feito. A segunda razão se relaciona ao fato de pesquisas (por exemplo, Asterhan e Babichenko, 2015; Felton et al., 2015) estarem buscando investigar a aprendizagem e a qualidade argumentativa de estudantes quando solicitados a resolver um conflito de ideias visando selecionar qual(is) ideia(s) é(são) mais adequada(s) ou coerente(s) ou explorar cada ideia ou solução proposta com profundidade. Assim, a diferenciação desses tipos de movimentos é importante, pois pode contribuir para caracterizar melhor o discurso argumentativo dos estudantes.

A terceira modificação feita na ferramenta original se relaciona ao meta-diálogo, o qual tem a função de discutir sobre as movimentações estabelecidas em um diálogo. Sendo assim, esse movimento esclarece o significado de um movimento anterior (aspecto linguístico) (Macagno e Bigi, 2017). No entanto, o meta-diálogo também pode estar relacionado a aspectos epistêmicos, como evidenciado por Kuhn (1999). Em virtude disso, e dos contextos em que se pretende utilizar a nova ferramenta, criamos as categorias *Movimento Meta-Dialógico de consenso*, *Movimento Meta-Dialógico de esclarecimento do significado de uma ideia* e *Movimento Meta-Dialógico de estabelecimento de contexto*. Assim, o *Movimento Meta-Dialógico de consenso* verifica, ou evidencia, se os sujeitos compartilham um mesmo conhecimento. Por outro lado, o *Movimento Meta-Dialógico de esclarecimento do significado de uma ideia* esclarece, ou busca esclarecimento sobre, o significado de uma ideia presente em outros movimentos. Por fim, o *Movimento Meta-Dialógico de estabelecimento de contexto* esclarece, ou busca esclarecimento sobre, se o sujeito possui algum conhecimento prévio considerado relevante para a discussão. Tais movimentos podem contribuir para que o diálogo seja, ou se torne, claro.

Nesse nível de análise, avaliamos que o *Movimento Dialógico de erística* deve estar presente, pois, mesmo em um contexto de ensino que tem o objetivo de promover discussões que contribuam para que estudantes construam e avaliem ideias a partir de argumentos, pode acontecer de um estudante atacar um colega ao invés de suas ideias. Assim, se frequentemente eles se engajam no *Movimento Dialógico de erística* com o objetivo de resolver uma questão-problema proposta por uma atividade investigativa, isso pode significar que o nível da argumentação deles é baixo.

A quinta modificação feita na ferramenta original está em não considerar o *Movimento Dialógico de construção de relacionamento* na nova ferramenta. Esse tipo de movimento visa estabelecer, construir ou corrigir um relacionamento entre sujeitos, e pode ocorrer em salas de aulas (por exemplo, quando o professor estabelece qual é o seu papel e o dos estudantes). No entanto, tal movimento não contribui diretamente para os processos de ensino e aprendizagem e para o desenvolvimento da argumentação. Logo, sua presença na ferramenta não contribuiria para atingir o objetivo para qual ela foi construída.

Por fim, acrescentamos outro objetivo das movimentações dialógicas. No *Movimento Dialógico de compartilhamento de informações*, Macagno e Bigi (2017) expressam o duplo objetivo desse tipo de movimento, isto é, obter ou fornecer informações. No entanto, isto não é feito para os *Movimentos Dialógicos de descoberta, persuasão e negociação*, assim como para o *Movimento Meta-dialógico*, renomeado por nós como *Movimento Meta-Dialógico de esclarecimento de movimento*. Considerando a presença de professor e estudantes no contexto escolar, para todos os movimentos adaptados ou não por nós e para aqueles que criamos, expressamos seu duplo objetivo. Por exemplo, o *Movimento Dialógico de descoberta* tem os objetivos de solicitar ou elaborar explicação(ões). Tais mudanças implicaram outras relativas ao objetivo dos participantes que, coerentemente, precisa ser duplo.

#### **Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação nos movimentos dialógicos persuasivo e persuasivo de disputa**

De acordo com Walton (2006), é importante que se analise a estrutura lógica dos argumentos, bem como suas funções, visto que ambos elementos podem contribuir para que o analista compreenda melhor a argumentação de indivíduos, isto é, como eles questionam, refutam, defendem e sustentam suas ideias/posições.

Concordamos com esta afirmativa e, por isso, elaboramos um nível que caracteriza a estrutura da argumentação dos *Movimentos Dialógicos persuasivo e persuasivo de disputa*. Dentre os movimentos apresentados no nível 3, esses são os únicos possíveis de serem analisados aspectos relacionados à estrutura da argumentação, em termos do uso de

argumentos, razões e/ou questionamentos para: atacar conclusões, razões ou relações entre razões e conclusão; e fornecer suporte a argumentos e conclusões.

No quadro 5.3, apresentamos a natureza estrutural dos movimentos com critérios e definições para serem utilizados na análise dos *Movimentos Dialógicos persuasivo e persuasivo de disputa*.

**Quadro 5.3.** Critérios e definições da natureza estrutural de movimentos dialógicos persuasivo e persuasivo de disputa.

Natureza	Critérios
Ataque (uso de argumento, conclusão ou questões) (A)	O ataque pode ser direcionado à conclusão (ou parte dela), às razões (todas ou uma delas) ou à relação entre razões e conclusão.
Relação de Suporte Direta (RSD)	Envolvendo argumento(s): RSD.1. um dos argumentos detalha o tópico de um outro argumento: o primeiro argumento fornece suporte ao segundo; RSD.2. a conclusão de um argumento é utilizada como premissa de outro argumento: o enunciado que se repete apresenta função dual e a relação é de suporte: o primeiro argumento fornece suporte ao segundo. Envolvendo premissas e conclusão: RSD.3. Premissas se complementam para fornecer suporte à conclusão.
Relação de suporte Indireta (RSI)	RSI.1. Premissa(s) de um argumento é (são) utilizada(s) para elaborar outra conclusão, isto é, duas conclusões são inferidas a partir de uma mesma premissa. RSI.2. Os argumentos possuem a mesma conclusão. RSI.3. Os argumentos se relacionam ao mesmo tópico.

**Fonte:** Autoria nossa.

A maioria dos critérios e definições se originou do referencial teórico de Walton (2006). Apenas os critérios que envolvem relação de conteúdo/tópico (RSD.1 e RSI.3) se originaram da ferramenta analítica de Martins e Justi (2019b), e foram aqui incluídos porque, em contextos educacionais, enunciados argumentativos podem se relacionar de forma estrutural e/ou por abordarem um mesmo assunto.

Ademais, optamos por utilizar a definição de conclusão segundo Jiménez-Aleixandre (2010), visto que ela melhor caracteriza tal elemento no contexto de ensino por

investigação. Segundo essa autora, a conclusão é algo que se pretende defender (provar) ou refutar. Ela pode ser uma explicação, modelo, solução ou opção de escolha. Nesse sentido, estudantes podem ter a oportunidade de defender um modelo, uma explicação, uma solução ou opção de escolha, como pode ser evidenciado em estudos como, por exemplo, os de Monteiro e Jiménez-Aleixandre (2015), Fadzil (2017), Kärkkäinen *et al.* (2017), Puig *et al.* (2017).

### **Nível 5: Relevância da movimentação dialógica**

Como mencionado anteriormente, uma das grandes dificuldades envolvidas na análise da argumentação se relaciona a como avaliar sua qualidade. Geralmente, as pesquisas têm analisado tal qualidade a partir do número de elementos de um argumento e de como eles relacionam tais elementos (afirmativa, dados, garantia, apoio, qualificador e/ou refutador) (por exemplo, Kelly e Takao, 2002; Erduran *et al.*, 2004; Venville e Dawson, 2010; Mendonça e Justi, 2014). Entretanto, como destacado anteriormente, um argumento pode ter todos esses elementos relacionados e não contribuir para a construção do conhecimento, ou ser constituído por alguns desses elementos e contribuir para esse processo.

Além disso, Nielsen (2013) aponta que há propostas de ferramentas para analisar a qualidade da argumentação cujos autores não explicam e justificam os critérios de análise, como, por exemplo, a de Kelly e Takao (2002) e a de Erduran *et al.* (2004). Tal aspecto pouco contribui para que se compreenda como tal análise favorece avaliar a qualidade da argumentação.

Destacamos que a análise da estrutura da argumentação é importante e a consideramos na nova ferramenta no nível 4 de análise, após a caracterização dos movimentos dialógicos visando identificar as tentativas de ataque e as relações de suporte direto e indireto entre argumentos e entre premissas e conclusão. Para tanto, consideramos que é fundamental analisar as relevâncias dos movimentos nos quais estudantes podem se engajar em situações argumentativas.

A relevância de um movimento está relacionada à sua importância para os objetivos principal e específicos de um diálogo. Para que esses sejam atingidos, é essencial que

existam os critérios relacionados a coerências de tópico e pragmática e, em alguns casos, quando há premissas implícitas, o de distância inferencial. Esses critérios são apresentados e descritos no quadro 5.4.

**Quadro 5.4.** Critérios e descrições para análise da relevância dos movimentos dialógicos.

<b>Nível de Relevância</b>	<b>Critério</b>	<b>Descrição</b>
Relevante (R)	R.1 Coerência de Tópico	O movimento dialógico expressa o mesmo tópico do movimento anterior e tal tópico se relaciona com o tema da discussão.  OU  O movimento dialógico expressa um tópico diferente daquele do movimento anterior – mas que se relaciona com o tema da discussão – com o objetivo de auxiliar na discussão do tópico da movimentação dialógica anterior.
	R.2 Coerência Pragmática	Um movimento dialógico é coerente com o objetivo proposto no movimento anterior e/ou com o objetivo principal do diálogo.
	R.3. Distância Inferencial (quando existem inferências)	A(s) premissa(s), proposição(es), conclusão(es), ou parte(s) de sentença(s) implícitas podem ser facilmente reconstruídas e consideradas aceitáveis a partir do contexto de discussão.
Parcialmente Relevante (PR)	Atende parcialmente o critério R.1	O movimento dialógico expressa um tópico que é diferente do movimento anterior – mas que se relaciona com o tema da discussão – sem auxiliar na discussão do tópico da movimentação dialógica anterior.
	Atende parcialmente o critério R.2	O movimento dialógico de um sujeito ignora o objetivo específico do movimento proposto por outro sujeito no movimento anterior, mas é coerente com o objetivo principal do diálogo.
	Atende parcialmente o critério R.3 (quando existem inferências)	A(s) premissa(s), proposição(ões), conclusão(ões), ou parte(s) de sentença(s) implícita(s) pode(m) ser facilmente reconstruída(s), mas não pode(m) ser considerada(s) aceitável(is). OU  A(s) premissa(s), proposição(ões), conclusão(ões), ou parte(s) de sentença(s) pode(m) ser reconstruída(s) apenas através de várias etapas inferenciais que exigem premissa(s), sentença(s) e conclusão(ões) pouco aceitável(is).

**Quadro 5.4.** Critérios e descrições para análise da relevância dos movimentos dialógicos.  
(continuação).

Nível de Relevância	Critério	Descrição
Irrelevante (I)	Não atende os critérios 1.1, 1.2 simultaneamente e, quando for o caso, o critério 1.3	

**Fonte:** Autoria nossa.

Para construirmos o nível 5 da nova ferramenta (quadro 5.4), nos baseamos na proposta de Macagno (2018, 2019), mas a modificamos de forma a detalhar os níveis de relevância e contemplar aspectos particulares de contextos de ensino por investigação. Para tanto, inicialmente substituímos a ideia de força de relevância da movimentação dialógica pela de níveis de relevância. Isto porque, o conceito de força é polissêmico. Nos dicionários da língua portuguesa, por exemplo, a palavra força pode significar vigor físico, firmeza (força de vontade), violência (coerção), poder, potência, eficácia, o mais alto grau de alguma coisa, como o desvio do corpo de seu estado natural no espaço-tempo, entre outros. Assim, os analistas podem utilizar qualquer um dos significados apresentados e outros para interpretar os dados, o que pode gerar problemas no processo de análise e triangulação dos dados. Por outro lado, o termo nível é compreendido como algo escalar, hierárquico. É este significado que almejamos que os analistas atribuam ao avaliar a relevância dos movimentos dialógicos expressos pelos sujeitos em um diálogo.

Outra modificação foi a exclusão do critério de conhecimento comum desse nível de análise. Na nova ferramenta, ele foi utilizado em um nível diferente, nível 6, com o propósito de avaliar a construção do conhecimento dos estudantes durante as situações argumentativas. Essa mudança foi necessária pois, caso contrário, teríamos critérios com objetivos distintos de análise em um mesmo nível de análise, ou seja, critérios para avaliar relevância e a construção do conhecimento em um mesmo nível de análise.

A terceira modificação diz respeito ao critério coerência de tópico. Macagno (2018, 2019) considera que, para ser considerado relevante, o movimento deve possuir o mesmo tópico do movimento anterior. Concordamos com esta ideia, mas reconhecemos que,

particularmente no contexto educacional, sujeitos podem expressar um tópico diferente – mas que se relaciona com o tema da discussão – com o objetivo de auxiliar na discussão do tópico da movimentação dialógica anterior. Esse é o caso das analogias, comparações relacionais entre um domínio familiar (base) e um domínio desconhecido (alvo) (Gentner, 1983). Professores de Ciências de todos os níveis de ensino utilizam analogias frequentemente visando ajudar os estudantes a compreender determinados conceitos (Mozzer e Justi, 2013). Os estudantes também podem utilizar analogias com esse objetivo, bem como para dar suporte às suas ideias (Mendonça *et al.*, 2006; Walton *et al.*, 2008; Mozzer e Justi, 2012). Por isso, na descrição do critério coerência de tópico consideramos também situações em que uma analogia pode ser criada.

Além disso, acrescentamos dois critérios à ferramenta atual: atende parcialmente o critério R.1 e atende parcialmente o critério R.2. Para Macagno (2018, 2019), o movimento é classificado como parcialmente relevante se ele atende parcialmente o critério de distância inferencial, isto é, se as premissas implícitas podem ser facilmente reconstruídas, mas não podem ser consideradas aceitáveis; ou as premissas podem ser reconstruídas apenas através de várias etapas inferenciais que exigem premissas pouco aceitáveis. Apesar de concordarmos com essa ideia, entendemos que também devemos considerar situações em que:

- o movimento expressa um tópico do tema em discussão, mas sem auxiliar na discussão do tópico da movimentação dialógica anterior. Neste caso, o sujeito promove (ou faz) um movimento que é relevante para o tema de discussão, mas que não o é para o movimento anterior; e
- a movimentação proposta por um sujeito é ignorada pelo outro, que expressa um movimento que apenas é coerente com o objetivo principal do diálogo. Nesse caso, um dos sujeitos está sendo relevante apenas em relação ao objetivo principal do diálogo.

Isto porque, por diferentes razões, podemos ser relevantes apenas para o objetivo principal do diálogo ou o tema de discussão – o que acontece quando não possuímos a habilidade comunicativa bem desenvolvida. No ensino, essas situações podem influenciar negativamente no processo de construção de conhecimento, uma vez que favorecem um

discurso autoritário. Esse tipo de discurso não permite a aproximação e a exploração de ideias e, por isso, não favorece uma aprendizagem significativa (Mortimer e Scott, 2003).

A sexta modificação que fizemos se relacionou ao acréscimo de informações nos critérios distância inferencial e atende parcialmente o critério R.3. Macagno (2018, 2019) se refere à inferência de premissas em tais critérios, como pode ser observado no quadro 4.2. No entanto, avaliamos que proposição(ões), conclusão(ões), ou parte(s) de sentença podem e devem ser inferidas, uma vez que isto pode contribuir para melhor compreendermos seus raciocínios argumentativos. Tivemos evidências disto durante o processo de análise de dados do estudo que publicamos recentemente (Martins e Justi, 2019b), quando julgamos necessário inferir e inferimos partes de questões, explicações e conclusões que não foram expressas pelos estudantes durante o diálogo.

Finalmente, devemos destacar que os movimentos classificados como *Meta-Diálogos* são sempre relevantes, visto que: (i) verificam ou evidenciam se os sujeitos compartilham um mesmo conhecimento; (ii) esclarecem ou buscam esclarecimento sobre o significado de uma ideia presente em outros movimentos; (iii) esclarecem ou buscam esclarecimento sobre se o sujeito possui conhecimento prévio sobre um assunto; e (iv) esclarecem ou buscam esclarecimento sobre o significado ou o objetivo de outros movimentos, evitando incoerências de tópico, significado ou pragmática. Na literatura, esse tipo de movimento representa uma habilidade dialógica de alta ordem (Kuhn, 1999). Portanto, se este movimento for encontrado nos dados, o analista deve classificá-lo como relevante.

#### **Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas**

Como a nova ferramenta foi desenvolvida para ser utilizada na análise da argumentação de estudantes em contextos de ensino por investigação, os quais têm o propósito de que sujeitos elaborem, desenvolvam e avaliem conhecimentos, é importante que ela favoreça ao analista avaliar se as movimentações propostas pelos estudantes contribuíram para a construção do conhecimento. Por isto, movimentos considerados como irrelevantes no nível 5 não contribuem para a construção do conhecimento, pois é

impossível que isto aconteça se não houver contribuição para o diálogo. Portanto, nesse nível, são analisados os movimentos relevantes ou parcialmente relevantes, que são os que podem contribuir para a construção de um conhecimento comum.

No quadro 5.5, apresentamos as categorias descritivas para os critérios de contribuição ou não para a construção do conhecimento comum.

**Quadro 5.5.** Categorias descritivas para análise da contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas.

Construção do conhecimento comum	Origem da construção do conhecimento
Há construção do conhecimento comum (CC)	CC.1 O movimento dialógico fornece ou solicita informações diferentes das fornecidas/solicitadas nos movimentos anteriores; ou solicita informações que foram apresentadas nos movimentos anteriores, mas às quais uma das partes ainda não teve acesso (MDcin); OU
	CC.2 O movimento dialógico: (i) contribui para a construção de propostas de soluções estabelecidas em movimentos anteriores; (ii) apresenta novas propostas de soluções/ações, diferentes daquelas dos movimentos anteriores; (iii) seleciona uma das propostas de solução/ações apresentadas em movimento(s) anterior(es) ou; (iv) solicita a seleção, ou a proposição de soluções/ações ou tomadas de decisões por meio de: novos questionamentos, questionamentos feitos anteriormente mas elaborados de outra maneira, questionamentos que não foram respondidos, ou questionamentos que não foram discutidos completamente anteriormente. (MDdel); OU
	CC.3 O movimento dialógico: (i) contribui para construir as explicações (ou hipóteses para explicar um fenômeno/fato) estabelecidas em movimentos anteriores; (ii) propõe novas explicações (novas hipóteses para explicar um fenômeno/fato) diferentes daquelas dos movimentos anteriores; ou (iii) solicita a proposição de explicações (ou hipóteses para explicar um fenômeno/fato) por meio de: novos questionamentos, questionamentos feitos anteriormente mas elaborados de outra maneira, questionamentos que não foram respondidos, ou questionamentos que não foram discutidos completamente anteriormente. (MDdes); OU

**Quadro 5.5.** Categorias descritivas para análise da contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas. (continuação)

Construção do conhecimento comum	Origem da construção do conhecimento
Há construção do conhecimento comum (CC)	<p>CC.4 O movimento dialógico: (i) defende uma solução/ideia proposta no movimento ou em movimentos anteriores a partir de novas razões, argumentos, ou relações entre argumentos ou entre razões e conclusão; (ii) refuta uma solução/ideia proposta no movimento ou em movimentos anteriores a partir de novas razões, argumentos, ou relações entre argumentos ou entre razões e conclusão; (iii) expressa dúvida em relação à solução ou ideia proposta em movimentos anteriores a partir de: novos questionamentos, questionamentos feitos anteriormente mas elaborados de uma outra maneira, questionamentos que não foram respondidos, questionamentos que não foram discutidos completamente anteriormente; ou (iv) solicita a resolução de um conflito de ideias que ainda não foi solucionado em movimentos anteriores ou razões para dar suporte uma solução/ideia. (MDper e MDpdi); OU</p>
	<p>CC.5 O movimento dialógico: (i) avalia a validade de hipótese(s) proposta(s) no movimento ou em movimentos anteriores a partir de evidências que ainda não foram exploradas ou que foram exploradas de outra forma; ou (ii) solicita avaliação da validade de hipótese(s) proposta(s) no movimento ou em movimentos anteriores a partir de: novos questionamentos, questionamentos feitos anteriormente mas elaborados de uma outra maneira, questionamentos que não foram respondidos, ou questionamentos que não foram discutidos completamente anteriormente (MDinv); OU</p>
	<p>CC.6 O movimento meta-dialógico: expressa que os sujeitos compartilham uma mesma ideia; ou verifica se os sujeitos compartilham uma mesma ideia a partir de: novos questionamentos, questionamentos feitos anteriormente mas elaborados de outra maneira, questionamentos que não foram respondidos, ou questionamentos que não foram discutidos completamente anteriormente (MMDcon); OU</p>
	<p>CC.7 O movimento meta-dialógico: esclarece o significado de uma ideia considerada como certa ou como duvidosa/vaga em movimentos anteriores, expressando um novo significado; ou corrige o significado de uma ideia considerada como certa ou como duvidosa/vaga em movimentos anteriores, expressando o significado correto que é diferente dos apresentados em movimentos anteriores; solicita esclarecimento sobre uma ideia a partir de: novos questionamentos, questionamentos feitos anteriormente mas elaborados de outra maneira, questionamentos que não foram respondidos, ou questionamentos que não foram discutidos completamente anteriormente (MMDesi); OU</p>

**Quadro 5.5.** Categorias descritivas para análise da contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas. (continuação)

Construção do conhecimento comum	Origem da construção do conhecimento
Há construção do conhecimento comum (CC)	CC.8 O movimento meta-dialógico: esclarece se o outro sujeito possui conhecimento(s) prévio(s) acerca de um novo assunto que ainda não foi abordado em movimentos anteriores; ou busca esclarecimento sobre um novo assunto que ainda não foi abordado em movimentos anteriores a partir de: novos questionamentos, questionamentos feitos anteriormente mas elaborados de outra maneira, questionamentos que não foram respondidos, ou questionamentos que não foram discutidos completamente anteriormente (MMDect); OU
	CC.9 O movimento meta-dialógico: esclarece o significado do objetivo de outros movimentos, expressando um novo significado; ou corrige o significado do objetivo de outros movimentos, expressando o significado correto que é diferente dos apresentados em movimentos anteriores; ou solicita esclarecimento sobre o objetivo de outros movimentos a partir de: novos questionamentos, questionamentos feitos anteriormente mas elaborados de outra maneira, questionamentos que não foram respondidos, ou questionamentos que não foram discutidos completamente anteriormente (MMDemo).
Não há construção do conhecimento comum (NCC)	CC.1, CC.2, CC.3, CC.4, CC.5, CC.6, CC.7, CC.8 ou CC.9 não ocorrem.

**Fonte:** Autoria nossa.

Para construirmos o nível 6 da nova ferramenta (quadro 5.5), nos baseamos na ideia de contribuição para o conhecimento comum de Macagno (2018, 2019), isto é, na ideia de que a movimentação dialógica somente contribui para o conhecimento comum se expressar suposições novas ou específicas sobre tópico em discussão. Concordamos com esta ideia, mas entendemos que ela precisa ser detalhada e outros elementos devem ser acrescentados a ela de forma a estabelecer coerência com o ensino por investigação. Assim, para nós, uma movimentação dialógica contribui para a construção do conhecimento se:

- i. expressar novas informações, relações, soluções, ideias, razões, argumentos, explicações, esclarecimentos sobre um novo assunto, significado do objetivo de outros movimentos ou de uma ideia considerada duvidosa ou vaga;

- ii. gerar contribuições para a construção de uma ideia, solução ou explicação;
- iii. expressar novas questões, questões elaboradas de uma maneira diferente das dos movimentos anteriores ou que não foram respondidas ou discutidas completamente. Isto acontece, por exemplo, quando a questão repetida fornece informações adicionais àquelas que os estudantes haviam pensado.

Por outro lado, por se tratar de uma situação de ensino ancorada na perspectiva construtivista, a professora pode não estar presente em todo o diálogo desenvolvido pelos estudantes. Assim, informações, soluções, explicações, argumentos, razões, ideias e esclarecimentos solicitados por ela, mas que já foram apresentados e discutidos pelos estudantes, podem contribuir para que ela conduza o processo de ensino efetivamente e, conseqüentemente, para que os estudantes construam o conhecimento.

A segunda modificação realizada na ferramenta original se relaciona à forma diferente de aplicar o conceito de conhecimento comum de Macagno (2018, 2019). Na ferramenta desse autor, ele utiliza este conceito como critério para avaliar a relevância de movimentações dialógicas. Na ferramenta aqui apresentada, o utilizamos para avaliar a construção do conhecimento de estudantes durante as situações argumentativas. Essa mudança foi realizada, pois nossa intenção é desenvolver uma ferramenta que pode ser utilizada para analisar tanto a argumentação de estudantes quanto a construção de seus conhecimentos. Tal mudança resultou no desenvolvimento de categorias relacionadas às características de cada tipo de movimentação, como pode ser observado no quadro 5.4. Por exemplo, para o *Movimento Dialógico de descoberta* (MDdes), mencionamos que ele pode gerar contribuições para a construção do conhecimento (CC.3) se:

- i. expressar contribuições para a construção das explicações (ou hipóteses para explicar um fenômeno/fato) estabelecidas em movimentos anteriores;
- ii. expressar novas explicações (novas hipóteses para explicar um fenômeno/fato) diferentes daquelas dos movimentos anteriores; ou
- iii. solicitar a proposição de explicações (ou hipóteses para explicar um fenômeno/fato) por meio de: novos questionamentos, questionamentos feitos anteriormente, mas elaborados de outra maneira, questionamentos que não foram respondidos, ou questionamentos que não foram discutidos completamente anteriormente.

Após a análise ser realizada em todos estes níveis, o analista pode buscar caracterizar a qualidade dos movimentos argumentativos. Isto levará em conta, principalmente, a relevância e a contribuição ou não para a construção do conhecimento, uma vez que estamos analisando um contexto de ensino e aprendizagem.

Finalmente, é importante destacar que o analista deve compreender o contexto de discussão para realizar a classificação do tipo de diálogo, dos movimentos dialógicos e meta dialógicos, dos aspectos estruturais da argumentação, da relevância e contribuição de tais movimentos para a construção do conhecimento. Assim, é importante que ele observe o que foi falado, quem falou, quando foi falado, assim como o objetivo da atividade para que a classificação seja feita de forma adequada. Sem a compreensão do contexto de discussão, existirá uma grande chance de o analista realizar uma análise imprecisa.

## 6. RESULTADOS EMPÍRICOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, apresentamos os resultados empíricos como um estudo de caso redigido a partir de dados dos dois grupos selecionados e a análise do mesmo.

### 6.1 Estudo de caso

Apresentamos nossos resultados via estudo de caso em uma estrutura cronológica. Para isso, o dividimos em quatro momentos, sendo eles: Modelagem em contexto cotidiano; Atividades que subsidiaram as modelagens posteriores; Modelagem em contexto científico; e Modelagem em contexto sociocientífico. Em cada um desses momentos, apresentamos as situações argumentativas (primeiro nível de análise da ferramenta analítica<sup>45</sup>) com as falas, em itálico, de todos os participantes de forma contextualizada, isto é, com descrições do que aconteceu em cada aula.

Para a transcrição das falas, utilizamos os códigos apresentados no documento Vienna Oxford International Corpus of English Transcription Conventions [2.1]. No quadro 6.1, apresentamos aqueles que foram usados em nossas transcrições com seus respectivos significados.

**Quadro 6.1.** Códigos utilizados nas transcrições das falas apresentadas no estudo de caso com seus respectivos significados.

Códigos	Significados
<>	Comunicação não verbal.
Palavra em caixa alta	Ênfase.
{ }	Informações contextuais relevantes para a compreensão das interações entre interlocutores.
=	Interlocutor completa imediatamente o turno de outro interlocutor (ou seja, sem uma pausa).
(.)	Pausa.

<sup>45</sup> Para que as transcrições fossem situadas e relacionadas aos objetivos deste estudo, tivemos que identificar e delimitar as situações argumentativas utilizando o primeiro nível de análise da nova ferramenta. Portanto, neste tópico não apresentamos as análises dos demais níveis que a constituem, pois isso dificultaria a compressão de nossos resultados.

**Fonte:** Adaptação de Voice (2007).

Para preservar a identidade de cada estudante investigado nesta pesquisa, utilizamos pseudônimos. Assim, o G3 (código utilizado para nos referir ao grupo 3 é constituído pelas estudantes: Aline, Luana, Beatriz, Isa, Érica, Nina e Gisele. Por outro lado, o G6 (código utilizado para nos referir ao grupo 6 é constituído pelas estudantes: Camila, Raquel, Maria, Karen, Fernanda, Daniela e Júlia.

Como mencionamos no capítulo 4, os códigos PQ1, PQ2 e PQ3 são utilizados para nos referir as pesquisadoras e com o uso da nomenclatura professora preservamos a identidade da que participou deste estudo.

Para indicar a sequência das situações argumentativas atrelada a cada atividade, utilizamos um código constituído por dois números, sendo que o primeiro algarismo se refere ao número da atividade e o segundo ao da situação argumentativa. Por exemplo, o código 1.2 identifica a segunda situação argumentativa ocorrida na Atividade 1. Por fim, para indicar a sequência de turnos de fala e turnos não verbais (gestos)<sup>46</sup> expressos pelos sujeitos em cada situação argumentativa, utilizamos números arábicos<sup>47</sup>. Para distinguir as questões originadas das atividades das propostas pelos estudantes, pesquisadoras e professora, utilizamos o código Questão da atividade, acrescentando entre parênteses quem a expressou, se foi o caso.

### **6.1.1 Atividades de ensino fundamentado em modelagem em contexto cotidiano**

#### **Aula do dia 18/08/2017**

No início da aula, a professora solicitou que os estudantes fizessem seis grupos, dos quais dois foram compostos por cinco estudantes, dois por seis estudantes e dois por sete estudantes. Na sequência, ela apresentou o objetivo da Atividade 1: *Construindo o conhecimento de uma maneira diferente*, isto é, propor modelos que explicassem o

---

<sup>46</sup> Consideramos que um turno é uma fala ou gesto expresso por único interlocutor sem que outro a(o) complete imediatamente.

<sup>47</sup> Optamos por numerar os turnos para que o leitor seja capaz de acompanhar a análise do estudo de caso apresentada na próxima seção deste capítulo.

funcionamento de uma máquina de vender latas de refrigerantes. Uma folha com a atividade escrita foi entregue aos estudantes.

Durante a realização da atividade, a professora e as pesquisadoras passaram em cada grupo visando avaliar se os estudantes compreenderam o objetivo da atividade e entender as explicações que eles estavam propondo.

### GRUPO 3

#### Situação Argumentativa 1.1

1 - Aline: *Vocês acham que seria legal se na máquina tivessem duendes? Imaginem um monte de criaturinhas dentro máquina e elas pegam seu refrigerante e suco!*

2 - Luana: *Não acho que essa forma de explicar seja correta para aula de química. Eu acho que a gente tem que explicar de uma maneira realística.*

3 - Beatriz: *Ela {refere-se a professora} falou que poderia ser explicado dessa maneira {refere-se à explicação proposta pela Aline}.*

4 - Luana: *Pode?*

5 - <Beatriz fez um sinal afirmativo com a cabeça.>

6 - Gisele: *Eu acho que tem todo programinha cheio de fio e mola, sabe.*

7 - Aline: *Ah, eu tive uma outra ideia! A gente pode fazer como se fosse um jogo de pinball.*

8 - Gisele: *É ISSO que estou falando! Na máquina de pinball, você aperta o botãozinho e ai =*

Aline: *= a bolinha vai para cima=*

Nina: *=na máquina de refrigerante, você aperta o botãozinho e latinha é solta para entregar para o cliente.*

9 - Os estudantes: *É uma boa ideia!*

10 - Aline: *Todo mundo já viu Detona Ralph? {filme de animação}.*

11 - Estudantes: *Já!*

12 - Aline: *Como se fosse o Sugar Rush {refere-se ao filme de animação}. São vários tipos de refrigerantes e sucos e tem uns números para selecionar qual você quer, é tipo um código. Aciona um código, uma bonequinha corre até o refrigerante e o pega, e ela mesma o entrega e pega o dinheiro.*

13 - Gisele: *Nesse caso, a bonequinha seria uma mola?!*

14 - Aline: *Não, seria a Vannellope {nome da bonequinha do filme de animação}.*

15 - Isa: *No interior da máquina poderia funcionar como se o fosse o funcionamento de uma fábrica. Não tem a Coca-Cola?! Uma pessoa faz o fardo e passa para o lado, outra o enche e passa para lado, outra coloca o rotulo passa para lado e outra o fecha.*

16 - Beatriz: *Vamos supor que dentro da máquina há três tipos de refrigerantes e três duendes. Cada duende é responsável por um tipo de refrigerante, ou seja, há um duende da Coca-Cola, um da Pepsi e um outro da Fanta. Ao selecionar o tipo de refrigerante, o duende responsável entra em ação com sua equipe.*

17 - Aline: *Para nossa ideia ficar um pouco mais realista, podemos utilizar minirobôs que nem aqueles do filme Inteligência Artificial em vez de duendes.*

18 - Nina: *SUPER realístico robôs que possuem sentimentos! {tom de ironia}.*

19- Aline: *Como vamos fazer? Qual ideia que vamos selecionar: a dos duendes, dos robôs ou da máquina de pinball?*

20 - Luana: *Eu acho que a ideia da máquina de pinball, pois ela é mais próxima da realidade.*

21 - {As estudantes concordam com a Luana}.

### Situação Argumentativa 1.2

1 - Beatriz: *Eu acho que a máquina vai funcionar assim: você aperta o botão, uma bolinha vai até o refrigerante e o empurra.*

2 - Gisele: *Não concordo. Primeiro, você escolhe o tipo de refrigerante que você quer. Para isso, há um botão que corresponde a um código do refrigerante selecionado.*

3 - Nina: *Não entendi.*

{PQ3 se aproxima do grupo}.

4 - Gisele: *Cada produto estaria ligado a um código através de uma linha que deve ser de metal. Para nós, aparece o tipo de refrigerante, mas o refrigerante para máquina é um código. Ao selecionar o refrigerante, a máquina entenderá, por exemplo, que é o código B.*

5 - PQ3: *Mas POR QUE essa linha que segura o refrigerante TEM que ser de metal? Ela poderia ser de outro material.*

6 - Gisele: *Porque esse tipo material é mais resistente.*

### Situação Argumentativa 1.3

1 - Gisele: *Na hora que for colocar o dinheiro (.) você já viu em supermercado um negócio que você passa o dinheiro para verificar se ele é falso ou não?*

2 - Nina: *Não.*

3 - Beatriz: *Já vi.*

4 - Gisele: *Vai ter um negócio desse dentro da máquina que olha nota, a escaneia e verifica se ela é verdadeira. Em seguida, quando você apertar o ok, esse código faz com que a linha de metal solte o refrigerante.*

{PQ3 se aproxima do grupo}.

5 - Aline: *Ah! Eu tive uma ideia muito legal. A gente poderia explicar o sistema de cartão, assim nós eliminaríamos a ideia do dinheiro. Tipo de cartão de ônibus.*

6 - Beatriz: *A pessoa entra no shopping e recebe o cartão.*

7 - Nina: *O cartão é mais interessante, pois o cliente poderia colocar a quantidade de dinheiro que quisesse nele.*

8 - Aline: *É mais interessante, pois como você coloca nele dinheiro, então você não precisa de notas e moedas, você só o coloca na máquina.*

9 - Isa: *Como seria o mecanismo de funcionamento da máquina com cartão?*

10 - Aline: *Programas seriam desenvolvidos para o reconhecimento do cartão e para a transferência do dinheiro que está no cartão para conta bancária do proprietário da máquina.*

11 - Aline: *Vocês concordam com a ideia do cartão?*

12 - Luana: *Aí então, a máquina teria que ter também um mecanismo para recarregar o cartão. Assim, teremos que elaborar mais um outro mecanismo. Isso é moroso.*

13 - Beatriz: *Mas o cartão poderia ser recarregado na lanchonete. Isso evitaria a gente ter que elaborar mais um outro mecanismo para nossa máquina.*

14 - Luana: *Seria um cartão de crédito ou um cartão similar ao de ônibus?*

15 - Estudantes: *Similar ao de ônibus.*

16 - Isa: *Cartão de crédito também é válido.*

17 - Aline: *É válido, mas aí teríamos que pensar em um programa para cartão de crédito para nossa máquina.*

18 - Isa: *É verdade.*

19 - Aline: *Tem uma lanchonete que será a matriz e esta disponibilizará uma máquina de refrigerante para vários locais.*

20 - Beatriz: *Ou uma empresa de refrigerante disponibilizaria uma máquina para cada lanchonete.*

21 - Aline: *Na lanchonete da Pinball Fresh {nome dado pelos estudantes ao modelo da máquina que construíram}, você compra o cartão recarregado, e em seguida o coloca na máquina. Nesse processo há uma ação humana.*

22 - Luana: *Eu acho que seria mais fácil se nós propuséssemos o mecanismo para a máquina receber dinheiro, pois, caso contrário, teríamos que explicar os mecanismos do cartão e também o de recarregá-lo. Isso é complexo.*

23 - Érica: *Em vez de cartão, o sistema de pagamento de nossa máquina poderia funcionar com fichas. Você compra a ficha na lanchonete e a coloca na máquina. Assim temos que explicar apenas o mecanismo de funcionamento da ficha na máquina.*

24 - Algumas estudantes: *A ficha é mais prática.*

25 - Aline: *Tanto a ideia da ficha quanto a do cartão são boas. Eu queria apenas uma ideia que dispensasse o uso do dinheiro, pois eu acho que é mais difícil pensar nos mecanismos do dinheiro do que nos de cartão e ficha.*

26 - Isa: *Mas a ideia de fichas é um problema, pois as máquinas não ficam APENAS em lanchonetes, elas também ficam em hospitais, estação de ônibus. Assim, nossa máquina não atenderia em todos os locais.*

27 - Luana: *Ainda, POR QUE uma pessoa vai pegar uma ficha na lanchonete para comprar um refrigerante da máquina, se ela pode comprar o refrigerante na lanchonete? {tom de ironia}.*

28 - {Estudantes concordam com a fala de Isa e questionamento de Luana}.

29 - Aline: *Como será o funcionamento da máquina com o dinheiro?*

30 - Luana: *Há um scanner que identificará a textura da moeda. Como cada moeda possui uma textura diferente, sua identificação será possível. O scanner da nota identificará sua marca d'água. Como cada nota possui uma marca d'água diferente, sua identificação também será possível. Sobre a questão do valor, a máquina reconhecerá o valor digitado pela pessoa, e o valor que a pessoa colocou a partir do scanner. É como se tivesse uma calculadora na máquina que calculasse o tanto que a pessoa colocou e o valor do produto. Assim, a máquina calcularia o troco.*

31 - PQ3: *Por que o mecanismo de pagamento TEM que funcionar com moedas e cédulas? Ele pode funcionar de outra forma com cédulas ou moedas.*

32 - Aline: *O mecanismo de pagamento tem que funcionar com moedas e cédula, pois as pessoas possuem geralmente cédulas e/ou moedas em seus bolsos. Isso facilitaria a compra do produto.*

#### Situação Argumentativa 1.4

1 - Nina: *Precisamos colocar uma tomada ou não?*

2 - Algumas estudantes: *Precisamos.*

3 - Isa: *Porque é que nem a geladeira, que vai depender da energia elétrica para funcionar.*

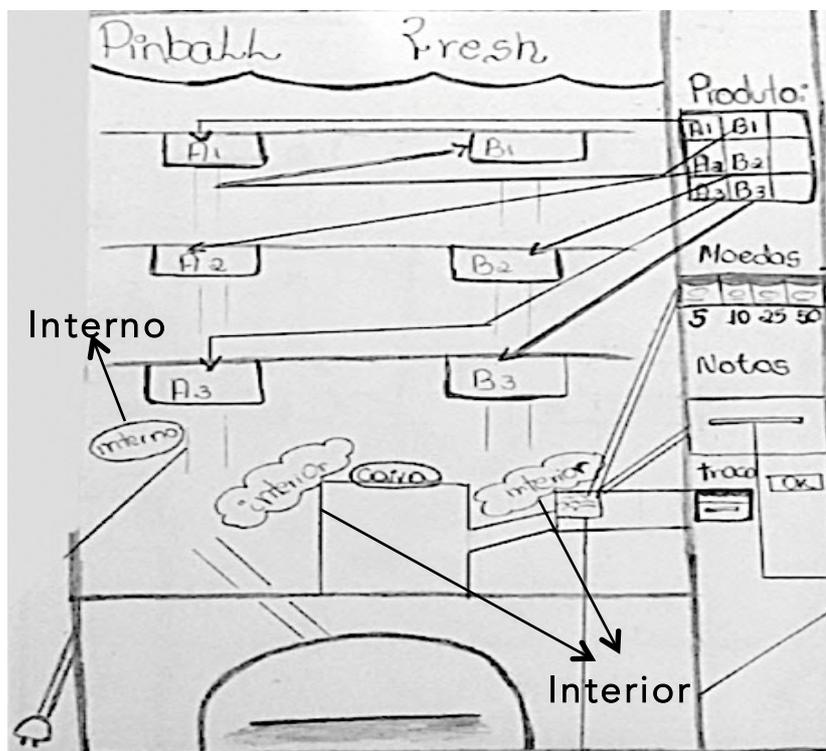
4 - Algumas estudantes: *Sim.*

Depois das discussões, as integrantes do grupo registraram seu modelo final para explicar o funcionamento de uma máquina de vender latas de refrigerantes:

*Cada tipo de refrigerante possui um código, o qual é acionado através do botão de seleção de refrigerante. Cada botão é ligado a um refrigerante por meio de uma linha de metal. Após o cliente selecionar o refrigerante, a máquina automaticamente solicita o dinheiro. Quando o cliente coloca a moeda e/ou a cédula, o sistema de contador, o qual possui uma calculadora, busca em sua memória o valor necessário para o produto selecionado, verifica se houve a quantidade de dinheiro suficiente para o produto desejado e encaminha o troco, se houver, para o cliente. Durante esse momento, o reconhecimento de moedas e/ou cédulas é realizado para avaliar se elas são falsas. Nas moedas, o scanner verifica suas texturas. Por outro lado, nas cédulas, o scanner verifica a marca d'água e seu número de série. Após o sistema ter reconhecido que o cliente efetuou o pagamento, ele deve apertar o botão OK. Esse promove um impulso que faz com que os ganchos que seguram o refrigerante abram e o libere para o cliente.*

Na figura 6.1 é apresentado o desenho que representa o modelo proposto por G3 para explicar o funcionamento da máquina de refrigerante.

Figura 6.1. Representação do modelo de funcionamento da máquina de refrigerante proposto pelo G3.



Fonte: A autoria das estudantes.

## GRUPO 6

### Situação Argumentativa 1.1

1 - Maria: Gente, eu acho que os sistemas de pagamento e troco da máquina de refrigerante poderiam funcionar assim: quando o cliente acionasse o botão e colocasse a nota, o sistema iria automaticamente acionar o sistema de troco. Nesse, haveria uma placa de metal para cada tipo de nota, que levantaria para entregar o troco para o cliente.

2 - Karen: A máquina deve ter um sistema de moedas também, visto que as máquinas que já vi permitem o uso delas.

3 - Maria: É verdade. A nossa máquina terá um ímã prendendo cada tipo de moeda e quando o cliente selecionar o produto, a máquina dirá a quantidade e quais moedas o cliente deverá colocar para que ela devolva o troco.

{Estudante de um outro grupo se aproxima do G3 e interfere na discussão}.

4 - Estudante de um outro grupo: O ímã é para moedas? Se o ímã entrar em contato com a moeda, ele irá prendê-la e, assim, o troco não será disponibilizado para o cliente.

5 - Maria: Então, os compartimentos para moedas terão que ser de plástico.

### Situação Argumentativa 1.2

1 - Karen: *Temos que pensar em algo para empurrar o refrigerante para explicarmos o funcionamento da entrega do refrigerante para o cliente. O que poderia ser?*

2 - Raquel: *Poderia ser uma mola.*

3 - Maria: *Uma esteira para impulsioná-lo.*

4 - Daniela: *Não pode ser mola, pois se fosse a latinha poderia estourar, visto que a mola puxa e joga a latinha para cima.*

5 - Estudantes: *Aham!*

6 - Júlia: *As latinhas devem é estar um pouco inclinadas, pois desse modo não será necessário existir uma mola para empurrá-las.*

{PQ3 se aproxima}.

7 - Maria: *Como podemos fazer a esteira para que ela reduza a velocidade da latinha durante sua saída?*

8 - Júlia: *A esteira deve ser feita em círculos.*

9 - PQ3: *Por que a esteira DEVE ser feita em círculo? Ela poderia ser reta e inclinada para baixo.*

10 - Júlia: *Se a esteira fosse reta com inclinação para baixo, isso proporcionaria à latinha descer em uma velocidade maior, o que poderia contribuir para ela estourar. Por outro lado, se a esteira for feita em círculo, isso fará com que a velocidade da latinha diminua com sua descida. Assim, há um risco menor da latinha estourar.*

11 - {Estudantes concordam com Júlia}.

12 - Raquel: *Com um pequeno tubo ligado à esteira, o nosso modelo melhor explica o funcionamento da entrega do refrigerante para o cliente.*

13 - PQ3: *Não acho que seu modelo explicaria melhor o funcionamento da entrega do refrigerante para o cliente com acréscimo desse tubo ligado à esteira. Por que ele explicaria melhor?*

14 - Raquel: *Pois o tubo evita de o refrigerante amassar e/ou estourar durante sua descida.*

### Situação Argumentativa 1.3

1 - Karine: *Vamos colocar as latinhas deitadas ou elas em pé na esteira?*

2 - Júlia: *Se as latinhas ficassem em pé, elas poderiam amassar durante sua descida, pois elas não rolariam. Então, devemos colocar as latinhas deitadas em nosso modelo.*

3 - Júlia: *Vamos colocar as latinhas uma ao lado da outra ou uma cima da outra na esteira?*

4 - Maria: *As latinhas devem estar dispostas uma ao lado da outra, pois do outro modo teria que ter esteiras em vários locais, o que ficaria inviável em função do tamanho da máquina. Com a disposição de latinhas lado a lado dá para colocar esteiras finas, do tamanho da latinha, interligadas.*

5 - Karen: *A esteira deve ser do tamanho da latinha, pois, caso contrário, a latinha desceria de qualquer jeito e em alta velocidade, e isso poderia favorecer que ela estourasse.*

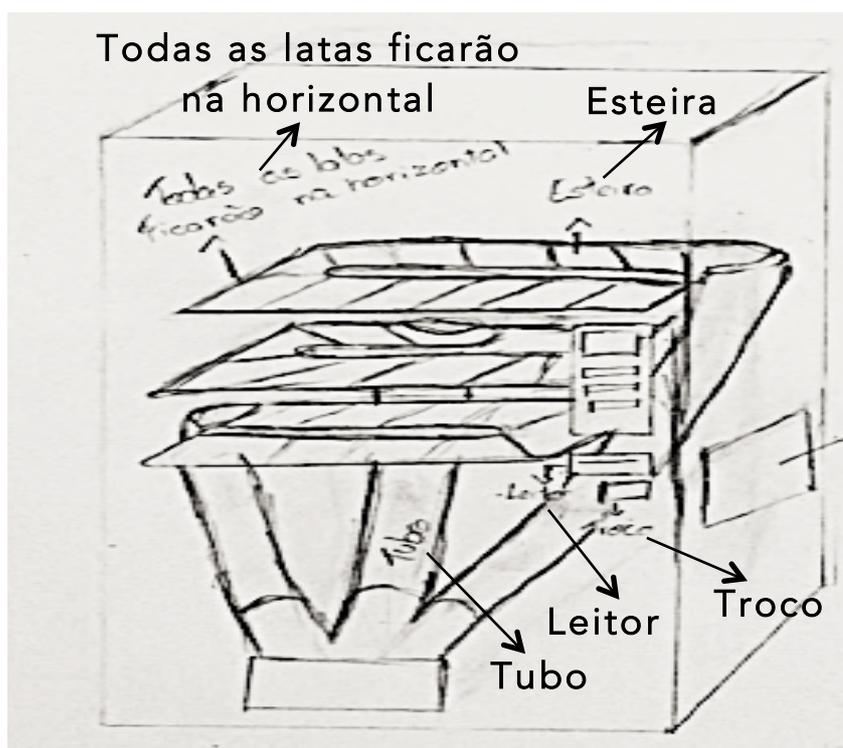
Após as discussões, as estudantes registraram o modelo final para explicar o funcionamento de uma máquina de vender latas de refrigerantes:

*Teremos três prateleiras com três sabores de refrigerantes. Em cada prateleira haverá partições com esteiras. Após o cliente escolher o sabor do refrigerante, a máquina acionará a esteira que o impulsionará a cair em um tubo que vai até repartição de entrega de refrigerante.*

*A máquina possui um sistema eletrônico de reconhecimento da quantidade (valor) e da veracidade da nota. Caso esta seja falsa, o sistema irá devolver a nota. O valor máximo aceito pela máquina é vinte reais, se o valor for maior do que esse, o sistema irá devolver o dinheiro. Além disso, há compartimentos para cada valor da nota que quando acionado pelo sistema fornece a quantidade de moedas e notas exatas de troco para o cliente.*

Na figura 6.2 é apresentado o desenho que representa o modelo proposto pelo G6 para explicar o funcionamento da máquina de refrigerante.

**Figura 6.2.** Representação do modelo de funcionamento da máquina de refrigerante proposto pelo G6.



**Fonte:** Autoria das estudantes.

Após a professora ter disponibilizado 46 minutos para os grupos construírem seus modelos, ela mencionou que a próxima etapa envolveria a socialização dos modelos para turma. Segundo a professora, esse é um momento em que o modelo de um determinado

grupo pode influenciar outro grupo a modificar, ou mesmo abandonar seu modelo inicial. Assim, ela solicitou que os estudantes prestassem atenção nas falas dos colegas.

No geral, os modelos de todos os grupos foram semelhantes em termos de terem expressado os mecanismos de reconhecimento de dinheiro; de seleção de refrigerantes; e de saída de refrigerante sem que ele estourasse. Porém, os mecanismos de alguns grupos foram diferentes: alguns grupos utilizaram mola para empurrar o refrigerante enquanto outros propuseram a existência de esteiras. Além disso, os grupos optaram por cartão, moeda e/ou dinheiro em função da complexidade do mecanismo.

Durante a apresentação de G3 e G6, respectivamente o penúltimo e o último a se apresentarem, foram apresentadas as explicações citadas anteriormente, ou seja, não houve acréscimos de novas informações. Além disso, a professora e os colegas não questionaram ou avaliaram as ideias dos grupos.

Na sequência, a professora apresentou a *Atividade 2, Testando nossos modelos*. Inicialmente, ela disse aos estudantes que a Atividade 2 se relacionaria com a anterior e que seu objetivo seria testar os modelos frente a duas situações:

- deixar a máquina desligada e, em seguida, colocar a moeda – o refrigerante não é servido (observação); e
- desligar a máquina por duas horas. Ligar novamente e colocar a moeda – a máquina não serve a bebida imediatamente. Após alguns minutos, a máquina começa a trabalhar e, decorrido um certo tempo, ao ser inserida uma moeda, o refrigerante é servido (observação)

visando avaliar se eles seriam ou não capazes de explicar as observações. Se a resposta fosse positiva, os estudantes não precisariam modificar seu modelo; caso contrário, modificações deveriam ser feitas no modelo para que ele atendesse os objetivos para os quais foi elaborado.

Após a apresentação do objetivo da Atividade 2, restavam apenas 9 minutos para o término da aula. G3 iniciou a discussão da questão 1 da atividade, o que não foi feito por G6.

## GRUPO 3

## Situação Argumentativa 2.1

1 - Isa: *O nosso modelo é capaz de explicar essas observações?* {Questão da atividade (estudante)}.

2 - Luana: *Nosso modelo é capaz de explicar a observação 2, mas não é capaz de explicar a observação 1.*

3 - Isa: *Portanto, teremos que fazer um novo modelo.*

{PQ1 se aproxima do grupo}.

4 - PQ1: *Mas POR QUE seu modelo é capaz de explicar a observação 2? Me convença.* {Questão da atividade (pesquisadora)}.

5 - Luana: *Quando a máquina for ligada na tomada, seus sistemas não voltarão a funcionar no mesmo instante.*

6 - Isa: *Pois o processo de refrigeração ainda vai ligar, vai passar energia por todos os fios.*

7 - PQ1: *Por que seu modelo não é capaz de explicar a observação 1? Me convença* {Questão da atividade (pesquisadora)}.

8 - Nina: *Pois ela não funciona desligada da tomada. A refrigeração, por exemplo, não funcionará.*

9 - Isa: *Na verdade, então, o nosso modelo é capaz de explicar. É como se o sistema da máquina tivesse travado quando desligada e por isso ela não funciona.*

10 - Aline: *E também porque máquina é um computador e não estará processando para poder pegar o dinheiro do cliente. O máximo que vai acontecer é a moeda ficar presa na máquina e o cliente perder o dinheiro, pois a máquina não estará com 'cérebro' para dar o produto para cliente e nem para devolver o dinheiro do cliente. Se o cliente quisesse o dinheiro de volta, ele teria que esperar a máquina ser ligada na tomada e seus sistemas reativados para ver se a máquina reconheceria a moeda e talvez devolveria o dinheiro do cliente para que este iniciasse uma nova operação.*

Com base na discussão, as estudantes registraram sua resposta para a questão 1 (O modelo do seu grupo é capaz de explicar essas observações? Por quê?):

*O nosso modelo é capaz de explicar as observações, pois nós consideramos que a máquina trabalhe com base em um sistema computadorizado, e assim como toda máquina, ela não funciona sem energia elétrica (sem tomada) e também não restabelece sua programação de forma tão rápida. Por isso, é necessário um tempo para que seu sistema volte a trabalhar completamente.*

## Aula do dia 25/08/2017

A professora iniciou aula recapitulando o que havia sido discutido no último encontro e o objetivo da Atividade 2. Na sequência, ela leu as questões 1, 2 e 3, as quais os

estudantes deveriam discutir/responder. Além disso, a professora chamou a atenção dos estudantes para que eles expressassem todos os aspectos de seus modelos, sem deixar nada implícito, pois, caso contrário, uma pessoa não conseguiria ter uma compreensão aprofundada dos mesmos.

### GRUPO 3

G3 continuou a discutir a questão 1 da atividade.

#### Retomada da situação argumentativa 2.1

11 - Gisele: *Na situação 2, a máquina fica duas horas desligada. Isso vai fazer com que o refrigerante fique quente. Assim, quando a máquina for ligada, o refrigerante não estará gelado, e consequentemente não poderá ser servido. Então, nosso modelo não atende a observação 2.*

12 - Luana: *O nosso modelo atende a observação 2 sim, porque a observação 2 diz do refrigerante ser servido, e não de ele estar necessariamente gelado para ser servido.*

13 - Algumas estudantes: *Sim!*

14 - Érica: *É capaz de explicar a observação 2, pois o tempo que a máquina gasta para ser ligada, ela já refrigeraria os refrigerantes.*

15 - Aline: *Mas máquina fica desligada por duas horas, mesmo que ela leve um tempo de 5 a 10 minutos para terminar de processar todos os serviços para voltar a servir o refrigerante, não será um tempo suficiente para fazer com que todos os refrigerantes fiquem gelados novamente. Portanto, nosso modelo não atende a observação 2.*

16 - Érica: *É mesmo!*

17 - Gisele: *Por isso precisamos de acrescentar um gerador em nosso modelo, visto que vai manter os refrigerantes gelados enquanto a máquina estiver desligada.*

18 - Estudantes: *Sim!*

Nessa discussão, as estudantes avaliaram que seu modelo apenas atendida a observação 1. Por isso, não responderam à 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?), mas sim a 3, que solicitava a reformulação do modelo.

*Foi acrescentado um gerador para manter os refrigerantes gelados, pois mesmo após a máquina ser ligada e voltar a funcionar, os refrigerantes não estariam gelados e prontos para o consumo. {resposta para a questão 3, item a}.*

*O nosso modelo é computadorizado e usa de energia elétrica para o seu funcionamento em todas as etapas, isto é, desde o processo de colocação do dinheiro ao de saída do refrigerante. Além disso, o nosso modelo possui os sistemas de troco e reconhecimento*

de moedas e cédulas. Todos esses aspectos são um diferencial de nosso modelo. {resposta para a questão 3, item b}.

## GRUPO 6

### Situação Argumentativa 2.1

1 - Maria: *O modelo do seu grupo é capaz de explicar essas observações?* {Leitura em voz alta da questão 1 da atividade}. Não. *Para atender a observação 1, podemos colocar que quando a máquina for desligada, imediatamente ela acionará uma trava que impedirá a inserção das moedas.*

2 - {Estudantes concordam com Maria}.

3 - PQ1: *Mas a observação 1 fala do refrigerante não ser servido. Por que o modelo de vocês não dá conta de explicá-la?* {Questão da atividade (pesquisadora)}.

{Estudantes em silêncio}.

4 - PQ1: *Vocês consideraram aspectos energéticos no modelo de vocês?*

5 - Estudantes: *Sim.*

6 - PQ1: *Cadê a tomada no desenho de vocês?*

7 - Estudantes: *Não a colocamos.*

8 - PQ1: *A partir do que foi discutido, o modelo de vocês é capaz de explicar a observação 1?* {Questão da atividade (pesquisadora)}.

9 - Estudantes: *Não.*

10 - Maria: *E sobre a observação 2? O nosso modelo é capaz de explicá-la?* {Questão da atividade (estudante)}.

11 - Camila: *O nosso modelo é capaz de explicá-la, pois quando a máquina for religada, ela necessitará de um determinado tempo para ligar todas as funções. Portanto, ela apenas receberá o dinheiro quando reconhecer que todo o seu sistema está em perfeito funcionamento.*

12 - {Estudantes concordam com Maria}.

13 - PQ3: *Não concordo, pois os sistemas que vocês me apresentaram não demoram muito tempo para funcionar e a observação 2 está dizendo que a máquina demora além desse tempo para servir o refrigerante.*

14 - Estudantes: *É verdade.*

15 - PQ3: *Por que a máquina demora um tempo maior para servir o refrigerante?*

{Estudantes em silêncio}.

16 - PQ3: *Como o refrigerante é servido?*

17 - Estudantes: *Gelado.*

18 - PQ3: *Para servir o refrigerante gelado o que vocês têm que considerar no modelo de vocês?*

19 - Camila: *Um sistema de refrigeração.*

20 - PQ3: *Vocês consideraram esse sistema em seu modelo?*

21 - Estudantes: Não.

22 - Maria: *Então, para o nosso modelo ser capaz de explicar a observação 2, temos que acrescentar um sistema refrigeração, pois contrário, ele não a explicará, pois a demora para servir o refrigerante está relacionada a ele ficar novamente gelado depois de 2 horas sem refrigeração.*

A partir da discussão, as integrantes do grupo registraram suas respostas para as questões 1 e 3:

{Questão 1} *O nosso modelo não é capaz de explicar as observações.*

{Questão 3.a} *O nosso modelo possui um sistema operacional simples que favorece pessoas de diferentes níveis de instrução a utilizá-lo. O sistema de pagamento é funcional, prático, instantâneo e deixa claro para o cliente o seu troco. Além disso, o nosso modelo possui um mecanismo para reter energia para que a refrigeração dos refrigerantes seja instantânea.*

{Questão 3.b} *Que o nosso modelo possui diversas funções, mantém a qualidade do produto e o usuário não possui dificuldade de utilizá-lo.*

A questão 2 da atividade não foi respondida pelo grupo, pois ele havia reformulado seu modelo.

Após a professora ter disponibilizado 27 minutos para os estudantes discutirem e finalizarem a Atividade 2, ela solicitou aos grupos que eles socializassem as modificações propostas, ou não, em seus modelos e explicassem o porquê de elas terem ou não sido feitas, bem como dissessem o diferencial de seu modelo em relação aos de seus colegas.

No geral, os grupos modificaram os modelos, visto que a maioria deles não havia considerado a necessidade de uma tomada ou energia elétrica para explicar a observação 1. Para os grupos, esse aspecto estava implícito e não havia necessidade de explicitá-lo, pois era óbvio que toda máquina possuiria tomada. Em relação à observação 2, apenas o modelo de um grupo conseguiu explicá-la, visto que ele havia considerado o sistema de refrigeração. Além disto, alguns grupos acrescentaram mecanismos de pagamento com moedas em função de terem observado que, nas situações exibidas na Atividade 2, a máquina recebia moeda.

No que diz respeito à expressão do diferencial do modelo do grupo, os estudantes ressaltaram algum mecanismo que eles detalharam melhor e/ou acharam interessante.

Durante a apresentação do G6, penúltimo grupo a se apresentar, as estudantes destacaram as modificações e diferenciais de seu modelo. Por outro lado, as estudantes do

G3, o último a se apresentar, destacaram porque seu modelo dava conta de explicar a observação 1, mas não a observação 2, assim como o que foi modificado em seu modelo e o porquê. Tanto o G3 quanto o G6 não acrescentaram novas informações durante a apresentação. Além disso, a professora e os colegas não questionaram ou avaliaram as ideias dos grupos.

Após o momento de socialização, a professora ressaltou que, para elaborar modelos, os estudantes partiram de suas experiências; conhecimentos prévios; imaginação; criatividade; entre outros. E, ainda, que ao utilizar esses aspectos, eles foram capazes de elaborar modelos coerentes na Atividade 1. Para sustentar tal afirmação, ela 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 observações 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.

Na sequência, a professora perguntou se seria possível construir um único modelo a partir dos que foram propostos inicialmente e como isso poderia ser feito. Os estudantes responderam que sim e disseram que para atingir esse objetivo seria necessário reunir informações de todos os grupos. Com base nessa resposta, a professora perguntou o que seria feito quando existissem modelos antagônicos. Alguns estudantes disseram que iriam testar os modelos enquanto outros disseram que iriam argumentar para convencer os colegas de que o seu modelo seria o mais adequado. A professora também perguntou quem faria a avaliação das propostas e alguns dos estudantes disseram que os colegas.

Por fim, a professora elogiou os estudantes e apresentou o objetivo da Atividade 3, *Utilizando o modelo em outra situação*: avaliar a abrangência e limitações dos modelos quando submetidos a outra situação, envolvendo um caixa eletrônico. 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.

## GRUPO 3

## Situação Argumentativa 3.1

1 - Aline: *Nosso modelo é capaz de explicar o funcionamento de um caixa eletrônico?* {Questão da atividade (estudante)}.

2 - Algumas estudantes: *Sim.*

{PQ3 se aproxima do grupo}.

3 - Aline: *Quais aspectos do funcionamento de um caixa eletrônico o modelo de nosso grupo é capaz de explicar?* {Questão da atividade (estudante)}.

4 - Aline: *O troco!*

5 - Luana: *E também a calculadora.*

6 - Aline: *Então, o modelo do nosso grupo é capaz de explicar o sistema financeiro, que fornece o troco se necessário para o cliente e entende quando o dinheiro é insuficiente=*

Érica: *= e reconhece as cédulas e moedas.*

7 - Aline: *Sim, o nosso sistema de reconhecimento.*

8 - PQ3: *Será que ele é capaz MESMO de explicar o funcionamento de um caixa eletrônico? Por quê?* {Questão da atividade (pesquisadora)}.

9 - Aline: *Pois o nosso modelo tem um sistema financeiro que é similar ao de um caixa eletrônico, isto é, o reconhecimento de cédulas e moedas, calculadoras que pensamos para calcular o troco e recusar o pedido se o dinheiro fornecido pelo cliente for insuficiente.*

10 - PQ3: *O caixa eletrônico faz apenas essas operações?*

11 - Aline: *Não sei. Que outras operações um caixa eletrônico faz?*

12 - Gisele: *Operações com cartão.*

13 - PQ3: *O seu modelo é capaz de explicar o funcionamento de cartão?*

14 - Aline: *Não.*

15 - PQ3: *Que outras operações um caixa eletrônico faz?*

16 - Aline: *Operações de extrato e saldo.*

17 - PQ3: *O seu modelo é capaz de explicar as operações de extrato e saldo?*

18 - Luana: *Não.*

19 - PQ3: *Vocês acham que o modelo de vocês deve ser capaz de explicar essas operações?*

20 - Estudantes: *Não.*

21 - PQ3: *Por que seu modelo não DEVE explicar essas operações? Ele poderia.* {Questão da atividade (pesquisadora)}.

22 - Luana: *Pois não é necessário que uma máquina de refrigerante realize essas funções.*

23 - Aline: *Pois seria algo muito complexo para uma máquina que apenas possui a função de fornecer refrigerantes.*

24 - PQ3: *Vocês acham que seu modelo é capaz de explicar EXATAMENTE o funcionamento de um caixa eletrônico?*

25 - Algumas estudantes: *Não.*

26 - Aline: *Alguns aspectos nosso modelo é capaz de explicar, mas outros não é.*

27 - Luana: *Mesmo sendo em algumas, nós TEMOS que dizer que o nosso modelo NÃO é capaz de explicar o funcionamento de um caixa eletrônico? Por quê?*

28 - Aline: *Temos por que não é totalmente parecido. Eles não exercem as mesmas funções. Não é necessário colocar consulta de saldo, tirar extrato, pegar dinheiro em nosso modelo de máquina refrigerante, até porque ele não libera dinheiro. Ele libera é o produto.*

29 - Aline: *Eu estava pensando aqui (.) apesar de o nosso modelo não liberar dinheiro, ele disponibiliza o produto, que é o refrigerante. Então, podemos dizer que isso é algo similar.*

30 - Algumas estudantes: *Sim.*

Com base nessa discussão, as estudantes produziram uma única resposta para as questões 1, 2 e 3 que tinham os objetivos de avaliar a abrangência e as limitações do modelo do grupo em outra situação: o funcionamento de um caixa eletrônico:

*O nosso modelo não é capaz de explicar o funcionamento de um caixa eletrônico. Pois apesar de ele possuir: um sistema financeiro computadorizado contendo um tipo de calculadora que ficaria responsável pelo troco similar ao do caixa eletrônico; um sistema de reconhecimento de cédulas e moedas similar ao do reconhecimento de cartões por caixas eletrônicos, disponibilizar o produto, que é o refrigerante, em vez de liberar o dinheiro, o nosso modelo não é capaz de explicar o funcionamento do cartão e as operações de saldo e extrato, uma vez que ele não funciona via cartão e nem possui essas operações.*

## GRUPO 6

### Situação Argumentativa 3.1

1 - PQ3: *O modelo de vocês é capaz de explicar o funcionamento de um caixa eletrônico? {Questão da atividade (pesquisadora)}.*

2 - Fernanda: *Não é capaz, porque o nosso o modelo NÃO precisa realizar as operações de saque, depósito, consulta de saldo e pagamento de contas.*

3 - Camila: *Pois o nosso modelo foi criado para explicar o funcionamento de uma máquina de refrigerante e não para explicar o funcionamento de um caixa eletrônico, por isso ele é mais simples.*

4 - Fernanda: *Por outro lado, o nosso modelo possui alguns aspectos semelhantes aos de um caixa eletrônico. Então, o nosso modelo é capaz de explicar alguns aspectos do funcionamento de um caixa eletrônico=*

Raquel: *= pois, ambos fornecem a informação do valor emitido e o dinheiro, bem como possuem um leitor digital de reconhecimento de cédulas=*

Camila: = e também de moedas.

5 - Algumas estudantes: *Sim*.

6 - Júlia: *Não concordo, pois o caixa eletrônico não trabalha com moedas, e sim com cédulas.*

7 - {Estudantes concordam com Júlia}.

8 - Raquel: *O nosso modelo não é capaz de explicar o que Fernanda falou e também a emissão de nota fiscal.*

9 - {Algumas estudantes concordam com Raquel}.

10 - Raquel: *E não faz sentido nosso modelo emitir nota fiscal, pois os valores são pequenos. Além disso, a geração dessas notas poderia causar problemas ambientais.*

{Estudantes escrevem a resposta para a questão da atividade}.

A partir dessa discussão, as integrantes do grupo produziram uma única resposta para as questões 1, 2 e 3 da atividade:

*O nosso modelo é capaz de explicar parcialmente o funcionamento de um caixa eletrônico, visto que tanto o nosso modelo quanto o caixa eletrônico fornecem a informação do valor emitido e o dinheiro, bem como possuem um leitor digital de reconhecimento de cédulas. Por outro lado, o nosso modelo não reconhece o consumidor, pois não se faz necessário devido ao seu funcionamento simples, não emite notas fiscais, pois os valores são pequenos, além disso, a geração dessas notas poderia causar problemas ambientais. Ainda, o nosso modelo não efetua o pagamento de contas.*

Após a professora ter disponibilizado 16 minutos para os estudantes fazerem a Atividade 3, ela promoveu seu fechamento destacando as etapas que os estudantes vivenciaram: elaboração e teste de modelos e aplicação desses em outra situação. Em relação a esta última, a professora enfatizou que o objetivo da Atividade 3 era avaliar a abrangência e as limitações dos modelos e que nenhum modelo era perfeito. Ela também enfatizou que o modelo não era uma cópia da realidade, que o desenho era apenas uma das formas de representar/apresentar um modelo, e que havia muitas outras maneiras, mas que dependiam do objetivo e da disponibilidade de recursos. Esse aspecto foi utilizado pela professora para iniciar a Atividade 4, *O papel das representações*<sup>48</sup>, cujo objetivo foi

---

<sup>48</sup> Os dados transcritos dessa atividade não são analisados nesta tese, pois não se relacionam diretamente com o processo de modelagem. A Atividade 4, como mencionamos no capítulo 4, foi elaborada para dar suporte ao desenvolvimento das atividades posteriores. No entanto, avaliamos que a descrição situada da mesma pode contribuir para que o leitor compreenda mais profundamente o processo que os estudantes vivenciaram, assim como, pode nos fornecer elementos que deem suporte às nossas análises.

explicado detalhadamente para os estudantes. Nesse momento, o sinal que indica o término da aula tocou.

### 6.1.2 Atividades que subsidiaram outras atividades de modelagem

#### Aula do dia 01/09/2017

A professora iniciou aula recapitulando o objetivo da Atividade 4. Em seguida, solicitou que os estudantes a executassem.

#### GRUPO 3

Ao receber a atividade, as estudantes leram cada questão que a constitui. Em seguida, elas discutiram a questão 1 que solicitava a identificação dos aspectos que cada uma das representações apresentadas conseguia explicar sobre o fenômeno de dissolução do sal em água), chegaram a um consenso e registraram suas respostas:

*Representação I - não explicita a dissolução e nem sequer que o líquido seja água.*

*Representação II - explica como funciona o processo químico de dissolução, até a atração de cargas entre moléculas (sic)<sup>49</sup>.*

*Representação III - explica de maneira mais simples a quantidade de moléculas de água necessárias para dissolver uma molécula de NaCl (sic).*

Na sequência, as integrantes do grupo começaram a discutir a questão 2 (Todas 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 as estudantes a refletir sobre o objetivo da questão. Após a intervenção da pesquisadora, as estudantes discutiram, chegaram a um consenso e registraram sua resposta:

---

<sup>49</sup> A resposta esperada para a Representação II seria: representação da geometria molecular para a substância água e representação dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  por meio dos símbolos utilizados para representar os elementos na tabela periódica e suas respectivas cargas. A junção dessas representações evidencia 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 não cumprem o mesmo objetivo de representar a dissolução do sal em água, pois a representação I é vaga, sem nenhuma informação, a representação II é mais complexa, o que implica na necessidade de um breve entendimento químico e a representação III é a que melhor representa as moléculas (sic) de água e NaCl.*

Posteriormente, as estudantes 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 - não leva em consideração as moléculas (sic) de água e NaCl e nem o movimento delas.

Representação II - não leva em consideração o movimento das moléculas (sic).

Representação III - não leva em consideração o movimento das moléculas (sic) e nem a organização de seus átomos e íons.

Logo após, as 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?) e escolheram a Representação III, registrando a seguinte resposta:

*Representação III, pois ela é mais fácil de exemplificar a dissolução e a organização das partículas. Além disso, para quem não possui um conhecimento prévio sobre a dissolução do sal em água, as 'bolinhas' identificado o sal e água são mais simples de se compreender.*

Por fim, as integrantes do grupo não discutiram suas ideias em relação à questão 5 (Dê um exemplo de situação em que cada representação pode ser utilizada), uma vez que a professora iniciou a discussão da Atividade 4. Assim, Aline expressou a seguinte resposta, que foi acordada pelos outros membros do grupo:

Representação I - pode ser utilizada para explicar o que seria uma substância homogênea.

Representação II - pode ser utilizada em um experimento químico.

Representação III - pode ser utilizada para explicar a dissolução do sal em água para pessoas que não possuem um conhecimento aprofundado.

## GRUPO 6

Ao receber a atividade, as integrantes do grupo leram a questão 1. Por não a terem compreendido, elas solicitaram a ajuda de PQ1, que as atendeu prontamente. Após a intervenção de PQ1, as estudantes chegaram a um consenso e registraram suas respostas:

Representação I - *representa a mistura no modo final que fica homogênea, pois não é possível ver resquícios de NaCl dissolvidos na água.*

Representação II - *Mostra como as partículas se organizam após a dissolução, pois mostra que após a mistura as partículas de água se organizam de forma coerente, evidenciando a quebra do retículo cristalino do NaCl.*

Representação III - *exibe que tanto o retículo cristalino do sal quanto as moléculas de água são representadas de forma inteira.*

Em seguida, as estudantes discutiram a questão 2 e chegaram à seguinte resposta:

*Não, porque cada representação apresenta uma perspectiva diferente.*

Depois disso, elas registraram a resposta para a questão 3:

Representação I - *não exhibe bem a dissolução, é necessário o auxílio de um enunciado que diga que ela representa o fenômeno de dissolução do sal em água.*

Representação II - *está completa, pois exhibe a separação de tudo e a eletronegatividade do oxigênio da molécula de água.*

Representação III - *não exhibe a organização das partículas.*

Como as estudantes não compreenderam a questão 4, elas solicitaram que a professora as ajudasse. Após a intervenção desta, as estudantes registraram a seguinte resposta:

*Inicialmente, a representação III seria utilizada, levando em consideração o nível de conhecimento desse amigo. Após ser explicado as propriedades químicas, a representação II seria utilizada.*

Logo após, elas discutiram a questão 5, chegaram a um consenso e registraram suas respostas:

Representação I - *poderia ser utilizada em nosso dia-a-dia.*

Representação II - *poderia ser utilizada em uma questão de prova após os estudantes terem compreendido de forma mais aprofundada a dissolução.*

Representação III - *poderia ser utilizada em uma aula inicial de química para introduzir o assunto dissolução.*

Após a professora ter disponibilizado 14 minutos para os grupos finalizarem a Atividade 4, ela promoveu seu fechamento. Segundo ela, a Atividade 4 teve como objetivo que os estudantes compreendessem que há diferentes formas de representar um mesmo fenômeno. Dando continuidade, ela explicou o fenômeno de dissolução e destacou, com o auxílio dos estudantes, o que cada representação dava ou não conta de explicar. Além disto, ela enfatizou que o desenho não favorecia exibir a movimentação das partículas, e

perguntou como isso poderia ser feito. Um dos estudantes disse que por meio do uso de simulações. Com base nessa discussão, a professora, juntamente com a turma, concluiu que todas as representações possuíam limitações.

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 que eles iriam trabalhar a importância, o uso, as vantagens e desvantagens, e as características dos objetos plásticos presentes no cotidiano e também lembrou a origem dos plásticos (conteúdo discutido no segundo 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. Em seguida, ela exemplificou macromoléculas encontradas na natureza: a celulose presente nos vegetais, a lignina encontrada na madeira e a pectina presente nas frutas.

Enquanto a professora finalizava a Atividade 4, as pesquisadoras entregaram a Atividade 5, *Pensando sobre os plásticos*<sup>50</sup> 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.

### GRUPO 3

As estudantes começaram a listar todos os objetos plásticos que usavam ao longo de um dia, assim como as demais informações solicitadas na atividade. O quadro 6.2 apresenta as respostas do G3.

---

<sup>50</sup> Os dados transcritos da Atividade 5 também não entrarão na análise, pois não se relacionam com o processo de modelagem. A Atividade 5 foi desenvolvida para dar suporte ao desenvolvimento das atividades posteriores. Contudo, avaliamos que a descrição situada da mesma pode contribuir para que o leitor compreenda mais profundamente o processo que os estudantes vivenciaram, assim como, pode nos fornecer elementos que deem suporte as nossas análises.

**Quadro 6.2.** Registro da identificação do objeto, quantidade utilizada, finalidade do uso e destino após utilização do G3.

<i>Objeto</i>	<i>Quantidade utilizada</i>	<i>Finalidade do uso</i>	<i>Destino dado após utilização</i>
Chinelo	1 par	Proteger os pés	Lixo
Copo descartável	Vários	Colocar líquido	Lixo
Escova de dente	1	Limpar os dentes	Lixo
Garrafa pet	Várias	Adquirir o líquido	Reutilizar
Sacola	Várias	Carregar alimentos e objetos	Lixo
Embalagem de alimentos	Várias	Recipiente de alimento	Lixo
Cartão	Várias	Efetuar pagamentos	Lixo

**Fonte:** A autoria das estudantes.

## GRUPO 6

As integrantes do grupo listaram todos os objetos plásticos que usavam ao longo de um dia, assim como as demais informações solicitadas na atividade. O quadro 6.3 apresenta as respostas do G6.

**Quadro 6.3.** Registro da identificação do objeto, quantidade utilizada, finalidade do uso e destino após utilização do G6.

<i>Objeto</i>	<i>Quantidade utilizada</i>	<i>Finalidade do uso</i>	<i>Destino dado após utilização</i>
Escova de dente	1	Limpar os dentes	Lixo
Embalagem de alimentos	Várias	Recipiente de alimento	Lixo ou reutilizar
Sacola	Várias	Carregar alimentos e objetos	Lixo ou reciclar
Óculos	1	Melhorar a visão	Guardar
Copo descartável	Vários	Colocar líquido	Lixo
Garrafa pet	Várias	Adquirir o líquido	Lixo ou reciclar
Vasilha	Várias	Colocar alimentos	Guardar
Brinquedo	Vários	Diversão para as crianças	Guardar/Lixo
Capa de celular	1	Proteger o celular	Lixo
Cotonete	Vários	Limpar os ouvidos	Lixo

**Fonte:** A autoria das estudantes.

Após a professora ter disponibilizado 21 minutos para os estudantes fazerem a Atividade 5, ela iniciou sua discussão. Para tanto, ela registrou no quadro alguns objetos plásticos que os estudantes usavam ao longo de um dia e registrou as respostas no quadro branco. 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 e que possuíam em sua constituição o material plástico. Na sequência, ela perguntou: *Quais as vantagens dos plásticos?* Os estudantes responderam que algumas das vantagens de objetos constituídos de material plástico era o fato de os mesmos serem mais baratos e leves do que os metais e vidros e de poderem ser reutilizados. Depois disso, ela perguntou: *Quais as desvantagens de usar plásticos?* Os estudantes disseram que esse tipo de material demorava muito tempo para ser degradado no meio ambiente e poderia liberar substâncias tóxicas que contaminariam os alimentos. A professora também perguntou se seria interessante substituir os plásticos por outros materiais. Estudantes disseram que sim e um deles disse

que as sacolas poderiam ser substituídas por um plástico que degrada mais rapidamente no meio ambiente.

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 segundo dia de ambientação), ou seja, ressaltar que se tratava de uma fonte não renovável. Então, 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.

Ao final dessa discussão, 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, *Características de diferentes objetos plásticos para os estudantes*.

### 6.1.3 Modelagem em contexto científico

#### GRUPO 3

##### Situação Argumentativa 6.1

1 - PQ1: *Vocês entenderam a atividade?*

2 - Estudantes: *Sim.*

3 - PQ1: *O que vocês acham que vai acontecer?* {Questão da atividade (pesquisadora)}.

4 - Beatriz: *Eu acho que a sacola vai amassar e carcaça de TV vai quebrar se fizer muita força.*

5 - PQ1: *Será mesmo que carcaça de TV VAI quebrar? Por quê?*

6 - Beatriz: *Como a carcaça é mais compactada, ela fica mais dura, assim se nela for colocada uma pressão muito grande, ela vai quebrar. Já sacola, como ela é mais fina e maleável, ela vai amassar.*

A partir dessa discussão, as estudantes registraram suas ideias como apresentado no quadro 6.4.

**Quadro 6.4.** Previsões antes da tentativa de dobrar os objetos.

<b>Objetos</b>	<b>Previsões</b>
Sacola	<i>Irá dobrar completamente.</i>
Carcaça de TV	<i>Se exercermos muita força, ela irá quebrar.</i>

**Fonte:** A autoria das estudantes.

Em seguida, elas responderam à questão 1, justificando suas previsões:

*Como a carcaça é mais compactada, ela fica mais dura, assim se nela for colocada uma pressão muito grande, ela vai quebrar.*

*A sacola, como ela é mais fina e maleável, ela vai amassar.*

De posse dos objetos plásticos, as estudantes tentaram dobrá-los. Em seguida, as integrantes do grupo registraram suas observações como apresentado no quadro 6.5.

**Quadro 6.5.** Observações após tentativa de dobrar os objetos.

<b>Objetos</b>	<b>Observações</b>
Sacola	<i>Dobrou sem quase nenhum esforço.</i>
Carcaça de TV	<i>Não dobrou e como não exercemos muita força, ela não quebrou.</i>

**Fonte:** A autoria das estudantes.

Após o preenchimento do quadro 6.5, as estudantes registraram as respostas para as questões 2 e 3:

{Questão 2} *Nossas previsões se concretizaram, pois a sacola dobrou e a carcaça de TV não dobrou.*

{Questão 3} *A sacola e a carcaça de TV não tiveram o mesmo comportamento, pois a carcaça de TV não dobrou.*

## GRUPO 6

### Situação Argumentativa 6.1

1 - Raquel: *A carcaça vai quebrar quando ela for dobrada.*

2 - Júlia: *A sacola vai dobrar. Eu não concordo que a carcaça de TV vai quebrar quando ela for dobrada, pois ela ficará intacta.*

3 - Daniela: *Não concordo, pois se colocarmos força, ela irá quebrar.*

4 - Maria: *Como justificamos as nossas previsões? {Questão da atividade (estudante)}.*

5 - Raquel: *Dizendo que a sacola irá dobrar em virtude de ela ser maleável.*

6 - Maria: *E dizendo que a carcaça de TV será difícil de ser dobrada em função de seu material ser resistente.*

Com base nessa discussão, as estudantes registraram suas ideias como apresentado no quadro 6.6.

**Quadro 6.6.** Previsões antes da tentativa de dobrar os objetos.

<b>Objetos</b>	<b>Previsões</b>
Sacola	<i>Irá dobrar.</i>
Carcaça de TV	<i>É difícil de ser dobrada.</i>

**Fonte:** A autoria das estudantes.

Em seguida, o grupo respondeu à questão 1:

*Como a carcaça é mais compactada, ela fica mais dura, assim se nela for colocada uma pressão muito grande, ela vai quebrar.*

*A sacola, como ela é mais fina e maleável, ela vai amassar.*

Após o grupo ter respondido à questão 1, PQ3 entregou os objetos plásticos para serem testados. As estudantes tentaram dobrá-los, e em seguida, elas registraram suas observações como apresentado no quadro 6.7.

**Quadro 6.7.** Observações após tentativa de dobrar os objetos.

<b>Objetos</b>	<b>Observações</b>
Sacola	<i>Dobrou facilmente.</i>
Carcaça de TV	<i>Não dobrou.</i>

**Fonte:** A autoria das estudantes.

Na sequência, o grupo registrou suas respostas para as questões 2 e 3:

{Questão 2} *Nossas previsões se concretizaram, pois a sacola dobrou e a carcaça de TV não dobrou.*

{Questão 3} *Não, pois a sacola dobrou e carcaça de TV não dobrou.*

Após os estudantes terem finalizado a Atividade 6, a professora e as pesquisadoras foram em cada grupo a fim de apresentar um desafio: solicitar que eles explicassem por que a carcaça de TV tem um comportamento tão diferente do da sacola – aspecto

relacionado à Atividade 7, *Tentando explicar os comportamentos de diferentes objetos plásticos.*

### GRUPO 3

#### Situação Argumentativa 7.1

1 - Professora: *Eu tenho um desafio para vocês. Os dois objetos são plásticos, possuem a mesma origem, que é o petróleo, mas eles possuem comportamentos COMPLETAMENTE diferentes. Gostaria que vocês me ajudassem a pensar por que esses objetos têm comportamentos TÃO diferentes.*

2 - Nina: *Eles são feitos dos mesmos materiais?*

3 - Professora: *Não exatamente. Mas ambos vêm do petróleo e são plásticos.*

4 - Érica: *A composição desses objetos é diferente.*

5 - PQ3: *A composição é praticamente a mesma, pois ambos objetos são constituídos praticamente de átomos de carbono e hidrogênio.*

6 - Beatriz: *O processo de fabricação de cada objeto é diferente.*

7 - Professora: *Se o processo de fabricação é diferente, o que ele faz para que a sacola seja TÃO flexível e a carcaça TÃO pouco flexível?*

8 - Beatriz: *Uma vez eu fiz um curso sobre pneu, nesse curso aprendi que quanto mais você aquece o pneu, mais ele fica durinho. Então, pode ser a temperatura.*

9 - Professora: *Mas nesse momento o produto já está feito. O que explica a carcaça ser POUCO flexível e a sacola ser MUITO flexível? Eu posso dobrar a sacola sem danificá-la e a carcaça eu nem consigo dobrar.*

10 - Luana: *Talvez na carcaça as moléculas estão mais organizadas.*

11 - PQ3: *Como as moléculas estão organizadas na sacola?*

12 - Luana: *Menos organizadas do que as da carcaça, pois você consegue dobrar a sacola.*

13 - PQ3: *Vocês acham que as moléculas na sacola estão juntas ou separadas?*

14 - Luana: *Eles estão mais ou menos separadas.*

15 - PQ3: *Como as moléculas estão organizadas na carcaça?*

16 - Luana: *Elas estão bem juntas.*

17 - Érica: *Pois a força de atração entre as moléculas da carcaça de TV é maior do que a entre as moléculas da sacola.*

18 - Professora: *Essa é uma ideia interessante.*

{Nesse momento, o sinal que indica que a aula terminou tocou}.

### GRUPO 6

#### Situação Argumentativa 7.1

1 - PQ3: *Vocês observaram que os comportamentos desses plásticos são diferentes. No entanto, ambos os plásticos possuem a mesma origem, que é o petróleo, e são constituídos praticamente pelos mesmos tipos de átomos, isto é, carbono e hidrogênio. Gostaria que vocês me ajudassem a pensar porque esses objetos têm comportamentos TÃO diferentes.*

2 - Maria: *O tamanho da cadeia carbônica é diferente nesses plásticos. As moléculas da carcaça de TV são maiores do que as da sacola. Isso explica a carcaça ser menos flexível do que a sacola.*

3 - PQ3: *Mas COMO o tamanho é capaz de explicar os comportamentos desses plásticos, se ambos são constituídos por macromoléculas, ou seja, moléculas MUITO MUITO grandes?*

4 - Camila: *As moléculas estão organizadas de formas diferentes nesses objetos.*

5 - PQ3: *Como as moléculas estão organizadas na sacola?*

6 - Daniela: *Mais espaçadas.*

7 - PQ3: *Como as moléculas estão organizadas na carcaça de TV?*

8 - Camila: *Mais juntas.*

9 - Karen: *Além disso, na carcaça de TV há mais quantidade de moléculas do que na sacola. Isso também ajuda a explicar por que a carcaça é menos flexível do que a sacola.*

10 - PQ3: *Então, vocês acreditam que a quantidade de moléculas e organização delas influenciam nos comportamentos dos plásticos, é isto?*

11 - Estudantes: *Sim.*

{Nesse momento o sinal que indica o término da aula tocou}.

### **Aula do dia 15/09/2017<sup>51</sup>**

A professora iniciou a aula recapitulando o que havia acontecido no último encontro, isto é, a Atividade 5; e a previsão e o teste com os objetos plásticos carcaça de TV e sacola de supermercado (Atividade 6). Em relação a esta atividade, a professora discutiu com os estudantes os aspectos semelhantes entre esses objetos, ou seja, sua matéria-prima e composição, visto que ambos se originam do petróleo e são praticamente constituídos pelos mesmos tipos de átomos: carbono e hidrogênio. Ela também lembrou o desafio que foi posto para eles: explicar porque a sacola de supermercado é flexível e a carcaça de TV não é. Em relação a este desafio, a professora disse que, naquela aula, os estudantes deveriam construir uma representação que fosse capaz de explicar os comportamentos distintos daqueles objetos e que, para isso, eles poderiam utilizar

---

<sup>51</sup> As aulas de química do dia 08/09/2017 não ocorreram, pois estava programado no calendário escolar um recesso relativo ao dia da Independência do Brasil (07/09).

diferentes materiais: lápis de cor, massinha, palito de dente e bolinhas de isopor de tamanhos diferentes e outros que julgassem necessários (Atividade 7).

### GRUPO 3

G3 continuou a discutir o desafio colocado pela professora.

#### Retomada da Situação Argumentativa 7.1

19 - PQ3: *Vamos recapitular o que vocês falaram na aula anterior. A professora falou que ambos objetos são plásticos, a origem deles é o petróleo e são constituídos praticamente de carbono e hidrogênio. Inicialmente, nós consideramos que a composição iria influenciar nos comportamentos distintos desses plásticos. Mas COMO a composição é capaz de explicar os comportamentos desses plásticos, se AMBOS são constituídos praticamente pelos mesmos tipos de átomos, isto é, carbono e hidrogênio?*

20 - Algumas estudantes: *É mesmo.*

21 - PQ3: *Outra hipótese que pode ser levada em consideração é os tamanhos das moléculas desses objetos serem diferentes. Mas COMO o tamanho é capaz de explicar os comportamentos desses plásticos, se ambos são constituídos por macromoléculas, ou seja, moléculas MUITO MUITO grandes?*

22 - Algumas estudantes: *É verdade.*

23 - Luana: *Ou pode ser que o tamanho das ligações químicas influencia em seus comportamentos.*

24 - PQ3: *Vamos pensar nesta sua ideia. Vocês concordam que como são os mesmos tipos de átomos nesses objetos, eles irão fazer os mesmos tipos de ligações?*

25 - Aline: *Sim.*

26 - PQ3: *Então as ligações têm que ser do mesmo tamanho, PORQUE caso contrário, os objetos não seriam constituídos pelos mesmos tipos de átomos.*

27 - Aline: *Mas ambos objetos têm a mesma quantidade de átomos?*

28 - PQ3: *As moléculas de ambos objetos são muito, muito grandes.*

29 - Nina: *Elas têm a MESMA quantidade de átomos ou não?*

30 - PQ3: *É praticamente a mesma. Como uma diferença TÃO pequena de quantidade de átomos É capaz de explicar por que a carcaça é TÃO pouco flexível e sacola MUITO flexível?*

31 - {Estudantes concordam com PQ3}.

32 - Luana: *Pode ter a ver com aquele negócio que nós estávamos estudando sobre água, isto é, que as moléculas de água no estado líquido estão mais espaçadas do que as do estado sólido.*

33 - PQ3: *Foi isso que vocês disseram na aula passada, que as moléculas das sacolas estariam mais separadas do que as da carcaça de TV. Vocês acham que essa ideia é capaz de explicar os comportamentos diferentes desses plásticos?*

34 - Algumas estudantes: *Sim.*

35 - Luana: *Se o número de carbonos é o mesmo em ambos objetos, pode ser que o número de hidrogênios seja diferente. A carcaça por ser pouco flexível pode ter ligações duplas e triplas e menos hidrogênios, e a sacola por ser muito flexível pode ter apenas ligações simples e mais hidrogênio.*

36 - PQ3: *Essa ideia também é capaz de explicar os comportamentos desses objetos. Agora, vocês têm que avaliar se essa ideia faz mais sentido do que aquela da interação entre as moléculas.*

{PQ3 sai do grupo}.

{A partir da votação, o grupo escolheu a ideia de ligação dupla e tripla para explicar o comportamento da carcaça e de ligação simples para explicar o da sacola}.

{Professora se aproxima do grupo}.

37 - Aline: *Professora, precisamos saber de uma coisa. Nós pensamos que o que torna a carcaça de TV pouco flexível são as ligações duplas e triplas que não tem na sacola. Nós vamos colocar isto. Mas a atividade solicita que representemos a sacola e a carcaça de TV antes e depois da tentativa de dobrá-las. Nós queremos saber se ao dobrar o objeto, suas ligações são rompidas.*

38 - Professora: Um rompimento de ligação química requer muita energia. Se eu romper uma ligação química, o objeto não voltar a ser o que era antes. Aí eu pergunto para vocês (.) Quando eu amasso a sacola, ela está deixando de ser sacola?

39 - Algumas estudantes: Não.

40 - Professora: *Eu estou mexendo na constituição dela?*

41 - Aline: Não!

42 - Professora: *É coerente dizer que ao amassar a sacola, eu estou alterando a estrutura dela?*

43 - Luana: *Não, porque caso contrário, ela deixaria de ser sacola.*

44 - Aline: *Então, eu acho que não sabemos explicar por que a sacola é mais flexível do que a carcaça de TV=*

Luana: *=pois, estávamos pensando que ideia de que carcaça ter ligações duplas e triplas e da sacola ter apenas ligações simples seria capaz de explicar por que a carcaça é pouco flexível e a sacola muito flexível.*

45 - Professora: *Mas como essa ideia explicaria a flexibilidade da sacola?*

46 - Luana: *Não explica.*

47 - Beatriz: *Sabem aquele exercício que a professora passou que tinha bolinhas juntas e outras separadas?*

48 - Algumas estudantes: Sim.

49 - Beatriz: *Então, eu pensei que pode ter a ver com isso. As partículas da sacola estariam separadas e as da carcaça mais juntas, pois dessa forma, as partículas da sacola teriam mais espaço para dobrar e as da carcaça menos espaço para dobrar.*

50 - Professora: *Aí vocês podem pensar se essa ideia é mais coerente do que aquela de ligação dupla e tripla para explicar as flexibilidades dos objetos.*

51 - Luana: *Eu acho que a ideia da Beatriz faz mais sentido, pois explica a flexibilidade.*

52 - {Estudantes concordam com Luana}.

### Situação Argumentativa 7.2

{Estudantes constroem os modelos}.

1 - PQ3: *O que é a sua macromolécula?*

2 - Luana: *Isso daqui.* {bolinhas de isopor ligadas com palito de dente}.

3 - PQ3: *Essas bolinhas não estariam representando os átomos?*

4 - Aline: *Não sei.*

5 - PQ3: *Se forem átomos, as distâncias entre os átomos de carbono e entre os de carbono e hidrogênio TÊM que ser as mesmas.*

6 - Aline: *A gente está tentando fazer uma representação parecida com a da água.*

7 - PQ3: *Então vocês estão confundindo, pois são as moléculas que se afastam ou se juntam.*

8 - Luana: *Qual é a diferença entre átomos e moléculas?*

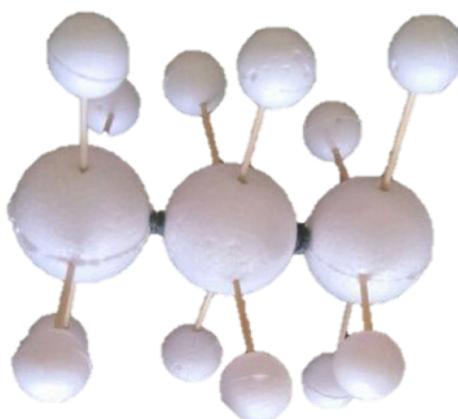
9 - PQ3: *Moléculas são constituídas por átomos e os átomos são ligados quimicamente, isto é, por meio de ligações químicas. A molécula de água, por exemplo, é constituída por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio {PQ3 faz a representação estrutural da molécula de água no papel}. Na água, essas moléculas se interagem com outras. Elas podem estar mais próximas ou mais distantes.*

10 - Aline: *É isso que queremos fazer.*

{Estudantes constroem os modelos e respondem as questões da atividade}.

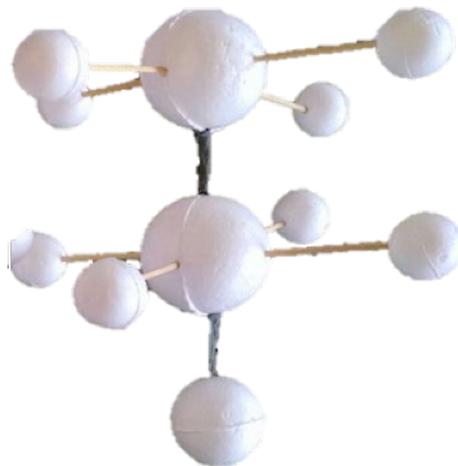
Nas figuras 6.3 e 6.4 são apresentados os modelos concretos propostos pelo G3 para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV e sacola de supermercado quando submetidas à tentativa de dobrá-las.

**Figura 6.3.** Modelo concreto proposto pelo G3 para explicar o comportamento observado para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la.



**Fonte:** A autoria das estudantes.

**Figura 6.4.** Modelo concreto proposto pelo G6 para explicar o comportamento observado para a sacola de supermercado quando submetida à tentativa de dobrá-la.



**Fonte:** Autoria das estudantes.

Após terem produzido os modelos concretos para explicar os comportamentos observados dos objetos plásticos carcaça de TV e sacola de supermercado, G3 respondeu as demais questões da Atividade 6:

{Questão 2.a} *As bolinhas de isopor maiores representam os átomos de carbono, enquanto as menores os átomos de hidrogênio. Os palitos de dente com e sem massinha representam as ligações químicas e as interações intermoleculares, respectivamente.*

{Questão 3} *Sim. A sacola de supermercado dobra, pois a distância entre suas moléculas é maior, o que contribui para que elas se movimentem mais facilmente. Por outro lado, carcaça de TV é difícil de dobrar, pois a distância entre suas moléculas é menor, o que contribui para que elas se movimentem com mais dificuldade.*

{Questão 4} *Os nossos modelos mostram as ligações, as interações e os compostos presentes nos objetos plásticos sacola e carcaça de TV.*

O grupo não registrou sua resposta para a questão 2.b.

## GRUPO 6

G6 continuou a discutir o desafio colocado pela professora.

### Retomada da Situação Argumentativa 7.1

12 - Camila: *Para mim, os átomos da carcaça de TV estão bem próximos e os da sacola estão mais separados. Isso explica por que a sacola é muito flexível e a carcaça de TV pouco flexível.*

13 - Júlia: *Não, pois são as macromoléculas que estão próximas ou separadas nesses objetos e não os átomos, ou seja, na carcaça de TV, as macromoléculas estão próximas e na sacola elas estão separadas.*

14 - Camila: *Não concordo, pois esses objetos não são constituídos de moléculas.*

{PQ3 se aproxima}.

15 - PQ3: *Vamos recapitular o que vocês falaram na aula anterior. Nós levantamos as seguintes hipóteses para explicar os comportamentos desses objetos: a massa, a composição, interação entre moléculas e distanciamento dos átomos.*

16 - Maria: *A composição desses objetos é a mesma?*

17 - PQ3: *Praticamente a mesma. Então, a hipótese das composições diferentes é capaz de explicar os comportamentos TÃO distintos desses objetos?*

18 - Estudantes: *Não=*

Maria: *=porque a composição é bem parecida.*

19 - PQ3: *A outra hipótese que vocês apresentaram foi que a macromolécula da carcaça de TV seria maior do que a da sacola e isso explicaria por que a carcaça de TV é bem menos flexível do que a sacola. Mas COMO o tamanho é capaz de explicar os comportamentos desses plásticos, se ambos são constituídos por macromoléculas, ou seja, moléculas MUITO MUITO grandes?*

20 - Algumas estudantes: *É verdade.*

21 - PQ3: *A outra hipótese que vocês disseram é de que há mais quantidade de macromoléculas na carcaça de TV do que na sacola e isso ajudaria explicar por que a carcaça de TV é pouco flexível e a sacola muito flexível.*

22 - <Estudantes fazem um movimento de afirmativa com a cabeça.>

23 - PQ3: *Qual objeto possui mais massa?*

24 - Estudantes: *A carcaça.*

25 - PQ3: *É possível fazer com que a sacola tenha a mesma massa da carcaça de TV?*

26 - Estudantes: *Sim.*

27 - PQ3: *Como?*

28 - Karen: *Pegando muitos pedaços de sacola.*

29 - PQ3: *Ao fazer isso, qual objeto terá mais volume?*

30 - Estudantes: *A sacola.*

31 - PQ3: *Por que a sacola possui mais volume do que a carcaça de TV?*

32 - Karen: *Pois as moléculas delas estão separadas.*

33 - {Estudantes concordam com Karen}.

34 - PQ3: *E na carcaça de TV, como as moléculas dela estão organizadas?*

35 - Estudantes: *Elas estão juntas.*

36 - PQ3: *Foi essa conclusão que vocês chegaram na aula passada.*

37 - Karen: *A quantidade diferente de macromoléculas presente nos objetos poderia influenciar nos seus comportamentos.*

38 - PQ3: *Essa ideia faz sentido a partir da discussão que tivemos?*

39 - Karen: *Não.*

40 - PQ3: *Não estou convencida disso. Por que essa ideia não faz sentido?*

41 - Karen: *Porque o que é capaz de explicar um objeto ser mais flexível do que o outro é suas macromoléculas estarem mais próximas ou mais separadas.*

### Situação Argumentativa 7.2

{Estudantes construindo os modelos}.

1 - Daniela: *Karen, você está fazendo errado. Não importa o tamanho das macromoléculas e sim a distância entre elas.*

2 - Maria: *Pois o tamanho das macromoléculas desses objetos é bem parecido.*

{PQ3 se aproxima}.

3 - PQ3: *O que as bolinhas de isopor de tamanhos maior e menor representam?*

4 - Maria: *As bolinhas maiores representam os átomos de carbono e as bolinhas menores os átomos de hidrogênio. Os palitos de dente são as ligações químicas.*

5 - PQ3: *Então, o que vocês querem dizer com essas representações é que os átomos da carcaça de TV estão mais juntos do que os da sacola e isso explicaria as flexibilidades desses objetos. É isso?*

6 - Estudantes: *Sim.*

7 - PQ3: *Será que isto é coerente? Como os tamanhos das ligações carbono-carbono e carbono-hidrogênio são diferentes nesses objetos se ambos são constituídos pelos mesmos tipos de átomos?*

8 - Estudantes: *É verdade.*

9 - Fernanda: *Então, o que vai distanciar ou aproximar?*

10 - Karen: *As macromoléculas.*

### Situação Argumentativa 7.3

{Professora solicita que as estudantes apresentem os modelos que construíram, e elas atendem prontamente}.

1 - Júlia: *Por que a atração entre as macromoléculas da carcaça de TV é maior do que as da sacola? (.) Pode ser que no processo de fabricação da sacola há um fornecimento de uma quantidade de energia maior para as macromoléculas do que no processo de fabricação da carcaça de TV. Isso faz com que as macromoléculas da sacola fiquem mais separadas.*

2 - Camila: *Sim. Uma quantidade de energia maior para as macromoléculas faz com que vibrem mais e assim se distanciem.*

3 - Professora: *Concordo com vocês que o aumento da temperatura contribui para que as moléculas vibrem e se distanciem. Mas isso não explica por que a atração entre as macromoléculas da carcaça de TV é maior do que as da sacola, pois os dois objetos estão na mesma temperatura, a ambiente, são sólidos e possuem praticamente a mesma composição.*

4 - Camila: *Pode ser que a carcaça de TV possua um elemento diferente em sua composição, o oxigênio, e isso explica as macromoléculas estarem mais ou menos atraídas em um dos objetos. Ou pode ser que a diferença de atração entre as macromoléculas seja explicada a partir de onde o petróleo foi encontrado.*

5 - Professora: *Não concordo, pois a matéria-prima é a mesma nos objetos.*

6 - Camila: *Não concordo com você, pois o petróleo encontrado no pré-sal é mais enriquecido do que o petróleo encontrado em outros lugares.*

7 - Professora: *Concordo com você, mas a matéria-prima para fabricar esses plásticos possui a mesma composição.*

8 - Camila: *O formato da cadeia poderia explicar por que as moléculas estão mais próximas na carcaça de TV e mais separadas na sacola.*

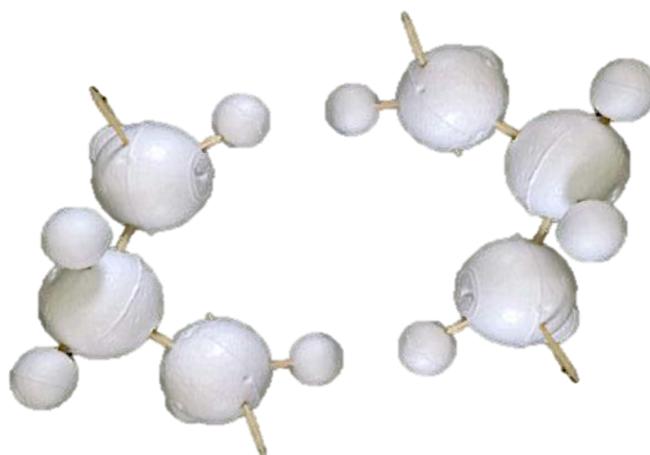
9 - Professora: *Como esse formato influenciaria na atração entre as macromoléculas?*

10 - Camila: *As macromoléculas da sacola possuem ramificações e isso contribui para que elas fiquem distantes, pois a superfície de contato é pequena. Isto implica em elas estarem fracamente atraídas. Já as macromoléculas da carcaça de TV apresentam um formato linear e isso contribui para que elas fiquem próximas, pois a superfície de contato é grande. Isto implica em elas estarem fortemente atraídas.*

11- Professora: *Faz sentido.*

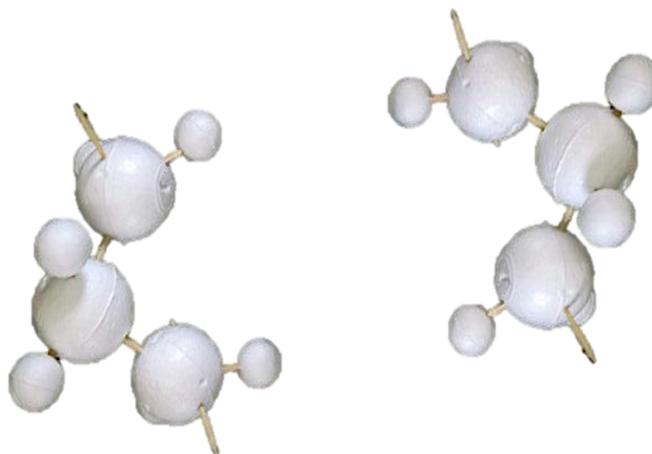
Nas figuras 6.5 e 6.6 são apresentados os modelos concretos propostos pelo G6 para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV e sacola de supermercado quando submetidas à tentativa de dobrá-las.

**Figura 6.5.** Modelo concreto proposto pelo G6 para explicar o comportamento observado para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la.



**Fonte:** Autoria das estudantes.

**Figura 6.6.** Modelo concreto proposto pelo G6 para explicar o comportamento observado para a sacola de supermercado quando submetida à tentativa de dobrá-la.



**Fonte:** A autoria das estudantes.

Após terem produzido os modelos concretos para explicar os comportamentos observados para os objetos plásticos carcaça de TV e sacola de supermercado, G6 respondeu as questões 2, 3 e 4:

{Questão 2.a} *As bolinhas de isopor maiores representam os átomos de carbono enquanto as menores representam os átomos de hidrogênio. Os palitos representam as ligações químicas e o distanciamento entre as macromoléculas realizado pelos movimentos da mão representam a força da interação.*

{Questão 2.b} *Utilizamos os materiais bolinhas de isopor e palitos de dente, pois eles favorecem representar de forma mais clara e prática a nossa ideia.*

{Questão 3} *As moléculas da sacola estão afastadas, pois esta característica lhe permite ser flexível. As moléculas da carcaça estão próximas, pois esta característica lhe permite ser mais rígida.*

{Questão 4} *Dizendo que, além de o nosso modelo mostrar as interações entre as moléculas, ele mostra os átomos e as ligações presentes nas moléculas.*

Após os estudantes terminarem a atividade, a professora solicitou que cada grupo socializasse os modelos propostos 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.

O G3, penúltimo grupo a apresentar, expressou a explicação citada anteriormente. Além disso, ele expressou o enunciado a seguir para tentar convencer seus colegas de que seus modelos eram coerentes:

Luana: *Como as macromoléculas da sacola estão distantes, então é mais fácil de dobrar, pois a atração entre elas é fraca. As da carcaça são mais próximas, pois a atração entre elas é forte, por isso é difícil dobrar a carcaça.*

Por outro lado, G6, o último grupo a se apresentar, além da explicação mencionada anteriormente, expressou as possíveis hipóteses sobre o porquê de as macromoléculas da carcaça de TV estarem mais atraídas do que as da sacola: formato da cadeia e presença de heteroátomo. Em relação a esta hipótese, o grupo não havia dito até então como a presença de heteroátomo na carcaça de TV contribuiria para que as moléculas da carcaça de TV ficassem atraídas, porém isso foi dito na apresentação. O grupo também expressou outra possível explicação para a sacola dobrar e carcaça de TV não:

## GRUPO 6

### Retomada da Situação Argumentativa 7.3

12 - Camila: *A presença de oxigênio nas macromoléculas da carcaça de TV faria com elas ficassem mais atraídas por causa da diferença de eletronegatividade entre o oxigênio de uma macromolécula e o hidrogênio da outra macromolécula {um dos grupos da turma que havia apresentado explicou atração entre macromoléculas a partir da eletronegatividade}.*

### Retomada da Situação Argumentativa 7.1

42 - Raquel: *Outra possível explicação para a sacola ser flexível e a carcaça de TV ser pouco flexível é a presença de ligações duplas e triplas na macromolécula da carcaça de TV e de ligações simples na da sacola = {um dos grupos da turma que havia apresentado expressou esse modelo}.*

Camila: *= como a carcaça de TV possui ligações duplas e triplas em sua estrutura, isso faz com que seja difícil dobrá-la. Por outro lado, a sacola é fácil de ser dobrada, pois ela possui apenas ligações simples em sua estrutura.*

43 - Professora: *Vocês têm que avaliar qual ideia é mais coerente para explicar os comportamentos distintos dos plásticos: a de interação intermolecular ou a de ligações duplas e triplas, visto que são ideias concorrentes.*

Dos seis grupos que apresentaram seus modelos, quatro propuseram modelos que consideraram a distância e/ou a força de interações entre macromoléculas. Um outro grupo levou em consideração a presença de ligações simples, duplas e triplas para explicar a flexibilidade ou não dos objetos plásticos. O grupo restante propôs um modelo no qual eram considerados as formas das cadeias dos objetos plásticos (fechadas ou abertas) e a presença ou não de um heteroátomo.

O objetivo das discussões durante a socialização foi que os estudantes julgassem quais modelos eram mais coerentes e justificassem suas opções. Sendo coerente com os princípios do ensino fundamentado em modelagem, a professora teve o cuidado de não classificar os modelos propostos pelos estudantes como corretos ou incorretos em relação ao modelo curricular.

Ao término da socialização, a professora ressaltou que as ideias de ligação e interação eram concorrentes para explicar os comportamentos distintos dos plásticos e que os estudantes teriam oportunidade de testá-las. Esse foi o link para a Atividade 8, *Testando nossos modelos*.

Na sequência, as pesquisadoras entregaram a Atividade 8 para os estudantes. Considerando o tempo restante até o término da aula, a professora definiu que eles executariam somente a parte da atividade relacionadas com as previsões envolvendo os objetos plásticos quando submetidos ao aquecimento.

### GRUPO 3

As estudantes preenchem o quadro 6.8 com as previsões relacionadas ao comportamento dos objetos plásticos sacola e carcaça de TV após o aquecimento.

**Quadro 6.8.** Previsões relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento.

<b>Objetos</b>	<b>Previsões antes do aquecimento</b>
<i>Sacola</i>	<i>Irá derreter rápido e encolher.</i>
<i>Carcaça de TV</i>	<i>Irá demorar para derreter.</i>

**Fonte:** Autoria das estudantes.

### GRUPO 6

PQ2 e PQ3 passaram no grupo para se certificarem de que os estudantes haviam compreendido o objetivo da atividade. Logo após, as estudantes registraram suas previsões (quadro 6.9).

**Quadro 6.9.** Previsões relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento.

<b>Objetos</b>	<b>Previsões antes do aquecimento</b>
Sacola	<i>Quando a sacola for colocada para ser aquecida, ela irá enruguar e diminuir rapidamente.</i>
Carcaça de TV	<i>Quando a carcaça de TV for colocada para ser aquecida, ela começará a derreter, 'pingar' um líquido, porém esse processo será muito lento.</i>

**Fonte:** A autoria das estudantes.

### Aula do dia 22/09/2017

A professora iniciou a aula recapitulando o que havia sido feito no último encontro, isto é, (i) a elaboração de modelos para explicar os comportamentos dos objetos plásticos quando submetidos à tentativa de dobrá-los; (ii) as previsões dos comportamentos desses objetos quando submetidos ao aquecimento; e (iii) os conceitos de macromolécula e de interação intermolecular e interatômica. Em relação a estes conceitos, a professora os recapitulou, pois alguns estudantes apresentavam a concepção de que uma macromolécula é constituída por moléculas menores e/ou não compreendiam a diferença entre interação intermolecular e interatômica. Na sequência, ela solicitou que os estudantes respondessem à questão 1 da atividade 8 (Seu modelo anterior explica as previsões registradas no quadro? Como?).

### GRUPO 3

As estudantes registraram sua resposta para a questão 1 sem se engajarem em uma discussão:

*A sacola derrete mais rápido por causa da distância entre as macromoléculas. Isso contribui para que o calor consiga se infiltrar mais facilmente e desintegrá-las. Em relação à carcaça de TV, esse objeto demorará para 'derreter', pois suas macromoléculas estão mais próximas. Isso dificulta o calor se infiltrar entre elas.*

### GRUPO 6

G6 continuou a discutir aspectos relacionados à Atividade 7, uma vez que ainda não havia chegado a um consenso sobre qual modelo seria capaz de explicar melhor os comportamentos dos objetos plásticos em discussão.

### Retomada da Situação Argumentativa 7.1

44 - PQ3: *Na aula anterior vocês apresentaram dois modelos: o de interação intermolecular e o de ligações duplas e triplas. A professora disse que essas ideias são concorrentes. Com base nisso, qual ideia vocês avaliam que é capaz de explicar melhor os comportamentos da carcaça e da sacola quando submetidas à tentativa de dobrá-las?*

45 - Camila: *Nenhuma delas, pois mudamos os nossos modelos. Tanto a carcaça de TV quanto a sacola possuem interações intermoleculares. Além disso, a carcaça de TV possui ligações duplas e triplas na sua estrutura.*

46 - PQ3: *A presença de ligações duplas e triplas nas macromoléculas da carcaça de TV pouco contribui para explicar a pouca flexibilidade desse objeto, pois vocês estão considerando a distância entre macromoléculas para explicar a flexibilidades dos objetos.*

47 - {Estudantes concordam com PQ3}.

48 - Maria: *Então, avalio que a nossa ideia de interações intermoleculares e de superfície de contato explica melhor a questão da flexibilidade dos objetos.*

49 - Karen: *Eu também acho, pois a partir desse modelo conseguimos deixar claro porque as macromoléculas da carcaça de TV estão mais atraídas do que as da sacola.*

50 - PQ3: *Não estou muito certa disso. Por que esse modelo é capaz de deixar mais claro a questão das macromoléculas da carcaça de TV estarem mais atraídas do que as da sacola do que o outro modelo?*

51 - Júlia: *Pois as macromoléculas da sacola possuem ramificações, isso contribui para que elas fiquem mais distantes, e conseqüentemente menos atraídas. Já as macromoléculas da carcaça são lineares, isso contribui para que elas fiquem mais próximas, e conseqüentemente mais atraídas.*

Em seguida, as estudantes iniciaram outra discussão com objetivo de responder à questão 1 da Atividade 8.

### Situação Argumentativa 8.1

1 - PQ3: *Os modelos que vocês propuseram são capazes de explicar as previsões relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento? {Questão da atividade (pesquisadora)}.*

2 - Estudantes: Sim.

3 - PQ3: *Será que são mesmo? Por quê?*

4 - Maria: *Porque a sacola derrete mais rápido em função das suas macromoléculas estarem mais distantes, e assim menos atraídas.*

5 - Karen: *E a carcaça de TV demora a derreter, pois suas macromoléculas estão mais próximas, e conseqüentemente mais atraídas.*

Com base na discussão anterior, o grupo registrou a seguinte resposta para a questão 1:

*Os modelos não explicam as previsões, pois eles apenas representam os comportamentos dos objetos plásticos quando submetidos à tentativa de dobrá-los e não o que irá acontecer quando esses forem expostos ao fogo.*

Na sequência, a professora passou o vídeo que exibiu o aquecimento da sacola de supermercado e da carcaça de TV. Em seguida, ela perguntou à turma o que aconteceu com cada objeto plástico quando aquecido. Os estudantes disseram que a sacola ficou deformada e nada ocorreu com a carcaça de TV. Por fim, ela solicitou que eles registrassem as observações após o aquecimento e respondessem à questão 2 da Atividade 8 (As observações realizadas após o procedimento estão de acordo com as previsões do seu grupo?).

### GRUPO 3

As integrantes de G3 registraram o que haviam observado no vídeo (quadro 6.10) e responderam à questão 2 como se segue.

**Quadro 6.10.** Observações relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento.

<b>Objetos</b>	<b>Observações após o aquecimento</b>
Sacola	<i>Ficou deformada e encolheu.</i>
Carcaça de TV	<i>Ficou normal, isto é, não derreteu e nem soltou fumaça.</i>

**Fonte:** A autoria das estudantes.

{Questão 2} *A previsão da sacola está de acordo com a observação, porém a da carcaça de TV não está.*

### GRUPO 6

As estudantes do G6 registraram o que haviam observado no vídeo (quadro 6.11).

**Quadro 6.11.** Observações relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento.

<b>Objetos</b>	<b>Observações após o aquecimento</b>
Sacola	<i>A sacola ao ser aquecida por apenas 6 segundos, ficou deformada, enrugada.</i>
Carcaça de TV	<i>A carcaça de TV mesmo sendo aquecida por 3 minutos, não apresentou mudanças.</i>

**Fonte:** A autoria das estudantes.

{Questão 2} *Em partes, pois somente a previsão do que aconteceria com a sacola após o aquecimento está de acordo com o que observamos.*

Após alguns minutos, um estudante disse que o tempo de 3 minutos não foi suficiente para a carcaça “derreter” (sic) e o outro estudante completou dizendo que se a carcaça fosse colocada diretamente no fogo, ela iria “derreter” (sic). Com base nesses questionamentos, a professora exibiu outro vídeo, no qual a carcaça de TV foi colocada diretamente no fogo. Durante a exibição deste vídeo, a professora buscou direcionar os olhares dos estudantes para a temperatura da chama (registrada no vídeo) e a fumaça produzida durante a decomposição da carcaça de TV.

Em seguida, ela perguntou se o processo ocorrido com a sacola de supermercado ao ser aquecida era o mesmo ocorrido com a carcaça. Os estudantes disseram que a carcaça “queimou”(sic) e a sacola “derreteu” (sic). Com base nessas respostas, a professora perguntou se a composição de uma substância é alterada quando ela derrete e os estudantes responderam que não. Ela também perguntou aos estudantes o significado de “queimar” (sic). Um estudante disse que “queimar” (sic) era carbonizar. Com base nessa resposta, ela perguntou se “queimar” (sic) era uma mudança de estado físico ou uma transformação química. Os estudantes responderam que era uma transformação química. Dando continuidade, a professora perguntou se a composição de uma substância era alterada quando ela “queimava” (sic). Os estudantes disseram que sim e um colega completou dizendo que, ao ser “queimada” (sic), a carcaça estava reagindo com oxigênio e se transformando em outras substâncias. A professora confirmou a ideia do estudante e solicitou que eles continuassem a fazer a Atividade 8.

## GRUPO 3

## Situação Argumentativa 8.1

1 - Professora: *Vocês acham que seus modelos são capazes de explicar as observações? {Questão da atividade (professora)}.*

2 - Aline: *Sim, porque como a interação entre macromoléculas da sacola é mais fraca, a sacola vai derreter mais rápido, pois o calor consegue infiltrar mais fácil, fazendo com que ela carbonize e libere CO<sub>2</sub>. No caso da carcaça não, porque as macromoléculas dela estão mais juntas, por isso demora mais para ela derreter.*

3 - Professora: *Não concordo, pois a carbonização é quando o aquecimento é direto na chama.*

4 - Aline: *Sim, a sacola iria desintegrar de forma mais fácil.*

5 - Professora: *Se o plástico carbonizar, o que acontecerá com sua estrutura?*

6 - Aline: *Suas ligações serão desfeitas.*

7 - Professora: *E o que acontece com a estrutura do plástico que muda de estado físico?*

8 - Aline: *Elas se desfazem e o CO<sub>2</sub> evapora.*

9 - Professora: *Não. Eu não estou queimando a sacola, estou apenas aquecendo-a. A carcaça é que queimou.*

10 - Aline: *Mas a sacola diminui, ela vai encolhendo.*

11 - Professora: *Concordo com você sobre o fato de a sacola diminuir. O que estou discordando é que quando eu levo a sacola para o aquecimento, com apenas 6 segundos, ela não deixa de ser sacola. Pensando nisso, o que acontece com o modelo de vocês?*

12 - Luana: *Eu acho que o número de macromoléculas diminui.*

13 - Professora: *Se diminui o número de macromoléculas, para onde elas estão indo?*

14 - Luana: *Para o céu.*

15 - Professora: *Para as macromoléculas irem para o céu, tem que haver a perda de material, porém não houve formação de novas substâncias, por exemplo, de gás quando a sacola foi aquecida.*

16 - Aline: *Não tem a ver com a ligação. Tem a ver com as interações. As macromoléculas da sacola estão se juntado, visto que a sacola se contraiu.*

17 - Professora: *E quando eu aqueço a carcaça, acontece alguma coisa?*

18 - Algumas estudantes: *Não.*

19 - Professora: *Isso reforça ou contraria a ideia de que a atração entre as macromoléculas é mais forte na carcaça?*

20 - Algumas estudantes: *Reforça.*

21 - Professora: *A atração entre as macromoléculas da carcaça é forte ou MUITO mais forte?*

22 - Algumas estudantes: *Muito mais forte.*

23 - Professora: *A atração entre as macromoléculas da sacola é de mesma natureza da atração entre as da carcaça?*

24 - Estudantes: *Não.*

25 - Professora: *A ideia de interação para explicar o comportamento da sacola é interessante, mas essa ideia para explicar o comportamento da carcaça não é muito interessante em virtude do que discutimos. Então, eu acho que vocês têm que melhorar essa ideia. Sugiro que vocês representem uma macromolécula maior para pensar melhor em como explicar os comportamentos da carcaça.*

{PQ3 se aproxima do grupo}.

26 - PQ3: *Vocês já avaliaram se os modelos que construíram são capazes de explicar as observações?*

{Expressões faciais dos estudantes exibem que eles estão com dúvida}.

27 - PQ3: *Quando algo funde, o que são quebradas: as ligações ou as interações?*

28 - Luana: *As interações.*

29 - PQ3: *Isso. As macromoléculas estão se afastado, igual o exemplo que você falou sobre o gelo quando funde.*

30 - Aline: *Para onde vão as interações quando a sacola derrete?*

31 - PQ3: *Como as interações ficam?*

32 - Aline: *Dispersas.*

33 - PQ3: *Fracas.*

34 - Aline: *Mas a sacola não tem tendência a encolher quando ela derrete?*

35 - PQ3: *O tamanho da sacola diminui, pois ela está se transformando em líquido. Isso significa que suas macromoléculas estão se distanciando, o que implica elas ficarem fracamente atraídas. Um caso similar a este é o do gelo. Quando você coloca em uma pia, por exemplo, parece que ele está diminuindo, mas ele está passando para o estado líquido.*

36 - Aline: *Sim, é o tamanho que está sendo reduzido. Então, nosso modelo dá conta de explicar, porque o nosso modelo é sobre interações, as quais são rompidas quando a sacola é aquecida.*

37 - PQ3: *O modelo de vocês da carcaça de TV é capaz de explicar o comportamento desse objeto quando aquecido?*

38 - Estudantes: *Sim.*

39 - PQ3: *Não acho que ele seja capaz, pois a carcaça não fundiu quando foi aquecida e quando foi colocada diretamente no fogo, ela queimou.*

40 - Aline: *Então, a estrutura da carcaça mudou.*

41 - PQ3: *A produção de um gás que vocês observaram é uma evidência de que houve alteração da matéria.*

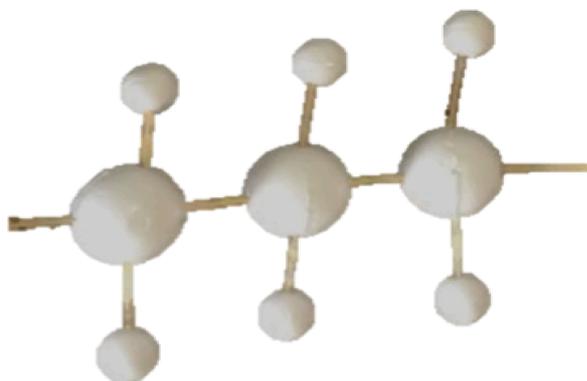
42 - Aline: *Então, o nosso modelo para carcaça não consegue explicar o comportamento da carcaça de TV quando aquecida ou colocada diretamente no fogo.*

43 - PQ3: *Não estou muito certa disso. Por que seu modelo não é capaz de explicar o comportamento da carcaça de TV quando é aquecida e colocada diretamente no fogo?* {Questão da atividade (pesquisadora)}.

44 - Aline: *Pois se ele fosse apenas de interações intermoleculares, ele também deveria derreter, assim como a sacola derreteu. Porém a carcaça não derreteu, e sim queimou e formou uma outra substância. Então, a carcaça é constituída por apenas ligações, que são mais fortes do que interações. Isso explica ela ser pouco flexível e queimar.*

Em seguida, as estudantes reformularam o modelo concreto proposto para a carcaça de TV, produzindo o modelo apresentado na figura 6.7.

**Figura 6.7.** Modelo concreto reformulado pelo G3 para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la e ao aquecimento direto.



**Fonte:** Autoria das estudantes.

Os códigos de representação se mantiveram: as bolinhas de isopor maiores representam os átomos de carbono, enquanto as menores representam os átomos de hidrogênio. Os palitos de dente representam as ligações químicas.

Após a reformulação do modelo concreto para explicar ambos os comportamentos observados para a carcaça de TV (frente à tentativa de dobrar e ao aquecimento), as integrantes do grupo responderam as demais questões que tinham os objetivos de avaliar o(s) modelo(s) frente às observações e convencer outros grupos do(s) modelo(s) propostos:

{Questão 3} *O nosso modelo para a sacola é capaz de explicar por que esse objeto plástico derrete, pois ele é constituído de interações intermoleculares.*

{Questão 4} *Pois o nosso modelo para sacola é constituído de interações intermoleculares que são mais fracas do que as ligações químicas.*

No que diz respeito à questão 5, cujos objetivos eram reformular o(s) modelo(s) a partir das observações e convencer outros grupos do(s) novo(s) modelo(s), as estudantes registraram:

{Questão 5.a} *O modelo da carcaça de TV foi modificado de modo que só há ligações químicas. Isso explica esse objeto plástico queimar quando colocado diretamente no fogo, pois suas ligações são quebradas. Quando isso ocorre, uma nova substância é formada.*

{Questão 5.b} *O modelo da carcaça de TV explica a quebra de ligações e sua pouca flexibilidade.*

## GRUPO 6

### Situação Argumentativa 8.2

1 - PQ3: *As suas previsões se concretizaram? {Questão da atividade (pesquisadora)}.*

2 - Fernanda: *A da sacola sim, mas a da carcaça não.*

3 - PQ3: *Com base nisso, o modelo que vocês propuseram para carcaça de TV é capaz de explicar as observações? {Questão da atividade (pesquisadora)}.*

4 - Estudantes: *Não sei.*

5 - PQ3: *O que acontece com as moléculas de uma substância que muda de estado físico?*

6 - Estudantes: *Elas se separam.*

7 - PQ3: *Mas quando a carcaça foi colocada diretamente no fogo, ela queimou. Nessa situação, as interações intermoleculares é que foram rompidas?*

8 - Estudantes: *Não!*

9 - PQ3: *Então, o que foi rompido?*

10 - Camila: *As ligações.*

11 - PQ3: *O modelo para carcaça de TV deve ser modificado?*

12 - Camila: *Sim, pois o modelo para carcaça não deve possuir interações e sim ligações diretas, que quando são quebradas forma-se outra substância. Por esse motivo, a carcaça queima.*

13 - PQ3: *O modelo para sacola deve ser modificado?*

{Estudantes em silêncio}.

14 - PQ3: *O modelo que vocês propuseram para sacola considera as interações intermoleculares?*

15 - Estudantes: *Sim.*

16 - PQ3: *O modelo que vocês propuseram para sacola é capaz de explicar o seu comportamento após ela ser aquecida? {Questão da atividade (pesquisadora)}.*

17 - Estudantes: *Sim.*

18 - PQ3: *Por que seu modelo é capaz de explicar o comportamento da sacola quando aquecida? Me convença.* {Questão da atividade (pesquisadora)}.

19 - Camila: *Porque o modelo para a sacola representa as interações entre moléculas, que são fracas. Por esse motivo as moléculas se separam facilmente ao se fornecer energia.*

{Estudantes reformulam o modelo para carcaça de TV}.

{Júlia chama a PQ3}.

20 - Júlia: *Estou achando o nosso modelo para carcaça de TV é capaz de explicar o comportamento desse objeto quando colocado diretamente na chama, pois como o formato da cadeia das macromoléculas da carcaça de TV é linear, isso faz com que as macromoléculas fiquem bem próximas e mais atraídas. Assim, é necessária uma quantidade grande de energia para que a estrutura seja desfeita.*

21 - PQ3: *O fato de a carcaça de TV queimar está relacionado a esse objeto apenas possuir interações intermoleculares?*

22 - Estudantes: Não.

23 - PQ3: *Por quê?*

24 - Camila: *Porque, caso contrário, ele derreteria.*

25 - PQ3: *O que aconteceu na estrutura desse objeto quando foi colocado diretamente na chama?*

26 - Estudantes: *As ligações químicas foram rompidas.*

27 - Júlia: *Mas porque o formato da cadeia da molécula não influencia? Ele pode influenciar sim.*

28 - PQ3: *Se a carcaça também fundisse, em uma temperatura mais alta, essa sua ideia poderia ser utilizada, pois ela seria capaz de explicar por que esse objeto é rígido e precisa de uma quantidade de energia maior para fundir. No entanto, a carcaça queimou. Assim, sua ideia não explica tal comportamento.*

29 - {Estudantes concordam com PQ3}.

Em seguida, as estudantes reformularam o modelo concreto proposto para a carcaça de TV, produzindo o modelo apresentado na figura 6.8.

**Figura 6.8.** Modelo concreto reformulado pelo G6 para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la e ao aquecimento direto.



**Fonte:** Autoria das estudantes.

Os códigos de representação se mantiveram: as bolinhas de isopor maiores representam os átomos de carbono enquanto as menores representam os átomos de hidrogênio. Os palitos de dente representam as ligações químicas.

Na sequência, as integrantes do grupo registraram suas respostas para as questões 3 e 5, porém isto não foi feito para a questão 4, pois elas avaliaram que o modelo para carcaça de TV não era capaz de explicar os comportamentos observados para esse objeto plástico quando aquecido indireta e diretamente na chama:

{Questão 3} *Somente o modelo da sacola é capaz de explicar, pois citamos o fato de a sacola enrugar e isso ocorre em função de suas macromoléculas se afastarem. Em relação ao modelo da carcaça de TV, ele não está de acordo, pois a carcaça não derrete.*

{Questão 5.a} *O modelo da carcaça de TV não possui interações intermoleculares, e sim ligações químicas, que quando são quebradas forma-se outra substância. Por esse motivo, a carcaça queima.*

{Questão 5.b} *Dizendo que o nosso modelo representa bem as ligações químicas.*

Após a professora ter disponibilizado 43 minutos para os estudantes reformularem seus modelos, ela solicitou que os grupos os socializassem e, como sempre, prestassem atenção nas ideias dos outros grupos.

G6 e G3, penúltimo e último grupos a se apresentarem, respectivamente, expressaram como o modelo da sacola era capaz de explicar as observações, porque o modelo da carcaça de TV não dava conta de explicá-las e o novo modelo. Tais ideias foram

apresentadas como registradas anteriormente, sem acréscimos de quaisquer novas informações. Além disso, a professora e os colegas questionaram ou avaliaram a ideia do grupo.

Dos seis grupos que apresentaram seus modelos, cinco propuseram modelos semelhantes, 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). Um outro grupo levou em consideração a intensidade das interações intermoleculares na carcaça de TV ser mais forte do que as presentes na sacola.

Após todos os grupos terem apresentado seu(s) modelo(s), a professora perguntou para a turma qual modelo era capaz de explicar os comportamentos da carcaça de TV: o de interação intermolecular ou o de ligação química, e maioria dos estudantes respondeu que era o modelo de ligação química, justificando a resposta. Com base nas respostas dos estudantes, a professora concluiu que o modelo de interações intermoleculares não era capaz de explicar, por exemplo, porque a carcaça de TV queimava e não derretia, como os estudantes haviam identificado.

Ao final da apresentação de cada grupo, a professora repetia as ideias apresentadas pelo grupo para ter certeza de que as havia entendido e para dar chance aos estudantes de corrigir ou completar o modo como suas ideias foram expressas. 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. Para isso, ela tinha o cuidado de não classificar os modelos propostos por eles como corretos ou incorretos em relação ao modelo curricular. Pelo contrário, juntamente com eles ela avaliava a coerência e adequação dos modelos para explicar os comportamentos observados para os objetos plásticos que eles estavam analisando.

Após a apresentação, a professora perguntou o que levou os grupos a reformular seus modelos. Os estudantes responderam que foram os vídeos e a professora completou dizendo que os vídeos trouxeram uma evidência nova. Em seguida, ela perguntou se a socialização dos modelos de um determinado grupo influenciou outro grupo a modificar

seu modelo inicial. Alguns estudantes responderam que sim. Nesse momento, o sinal que indica o término da aula tocou.

### **Aula do dia 29/09/2017**

A professora iniciou recapitulando o que havia ocorrido nos últimos encontros, isto é, a elaboração de modelos para explicar os comportamentos da sacola de supermercado e carcaça de TV quando submetidas à tentativa de dobrá-las e ao aquecimento. Na sequência, ela ressaltou que no encontro anterior os grupos produziram modelos semelhantes e que isso indicou que a turma chegou a um modelo consensual. A partir disso, ela perguntou qual foi a explicação elaborada para os comportamentos de cada objeto plástico. Com auxílio da professora, os estudantes expressaram: *Entre as macromoléculas da sacola há interações intermoleculares que são fracas e entre as da carcaça de TV há ligações químicas que são bastante fortes*. Em seguida, ela informou o propósito da Atividade 9, *Utilizando nossos modelos em outra situação*: avaliar as abrangências e as limitações do modelo consensual considerando outro material plástico: o constituinte do pneu. Ela também ressaltou que se o modelo conseguisse explicar os comportamentos desse objeto quando submetido à tentativa de dobrá-lo e ao aquecimento, ele seria abrangente; caso contrário, ele possuiria limitações – o que não significava que ele deveria ser abandonado.

Em seguida, as pesquisadoras entregaram a Atividade 9 para os estudantes e a professora solicitou que eles realizassem as previsões sobre os comportamentos do pneu.

### **GRUPO 3**

#### **Situação Argumentativa 9.1**

{Estudantes leem a atividade}.

1 - Aline: *Nós conseguimos dobrar um pneu?* {Questão da atividade (estudante)}.

2 - Gisele: *Acho que conseguimos.*

3 - Érica: *Não.*

4 - Luana: *Depende do tipo de pneu, se é de carro, bicicleta, caminhão. Depende da espessura dele.*

5 - Gisele: *Sim, pois se o pneu for fino, será mais fácil dobrá-lo, mas se ele for grosso, será mais difícil.*

6 - Aline: *Não, pois o material é o mesmo, ele não muda.*

7 - Estudantes: *É verdade.*

8 - Érica: *O pneu dobra totalmente?*

9 - Aline: *Não sei. O que sabemos é que o pneu é mais flexível do que a carcaça de TV.*

10 - Estudantes: *Sim.*

### Situação Argumentativa 9.2

1 - Aline: *E sobre o aquecimento? {Questão da atividade (estudante)}.*

2 - Gisele: *Eu acho que ele derrete bem mais fácil do que a carcaça.*

3 - Aline: *A carcaça derrete? {tom de ironia}.*

4 - Gisele: *Não.*

5 - Luana: *Eu acho que o pneu não vai derreter no aquecimento, e sim quando ele for colocado diretamente no fogo.*

6 - Beatriz: *Pneus passam em avenidas quentes e não derretem.*

7 - Estudantes: *É verdade.*

### Situação Argumentativa 9.3

1 - Aline: *O pneu terá comportamento mais parecido com o da sacola ou com o da carcaça de TV? {Leitura em voz da questão da atividade}.*

2 - Algumas estudantes: *Com o comportamento da carcaça.*

3 - Aline: *Por que o pneu terá comportamento mais parecido com o da carcaça?*

4 - Gisele: *Pois quando o pneu for aquecido, ele não irá enrugar como a sacola.*

5 - Aline: *Mas o comportamento do pneu parece mais com o da sacola, pois a flexibilidade do pneu é mais parecida com a da sacola.*

{PQ3 se aproxima do grupo}.

6 - PQ3: *O que vai acontecer com o pneu quando for aquecido?*

7 - Aline: *Ele só vai esquentar, que nem a carcaça de TV.*

8 - PQ3: *O que vai acontecer com o pneu se ele for colocado diretamente no fogo?*

9 - Gisele: *Ele vai derreter.*

10 - Beatriz: *Eu acho que vai queimar.*

11 - Aline: *Por que você acha que o pneu queima?*

12 - Beatriz: *Porque quando ocorre um acidente de carro ou manifestação, o pneu queima=*

PQ3: *=que nem a carcaça de TV.*

13 - Aline: *Mas isso acontece porque ele está pegando fogo. No caso da carcaça, ela foi colocada no fogo, ela não está pegando fogo.*

14 - PQ3. *Se pneus fundem, por que eles são utilizados em carros de fórmula 1?*

15 - Luana: *Então, não faz sentido eles derreterem. Então, o pneu tem um comportamento mais parecido com o da carcaça de TV.*

16 - Gisele: *A quantidade de tempo que o pneu ficar no aquecimento pode influenciar ele derreter ou não.*

17 - PQ3: *Como o tempo influenciaria o pneu fundir, sabendo que a carcaça permanece sólida, a água líquida, e o oxigênio gasoso na temperatura ambiente?*

18 - Gisele: *É verdade.*

19 - Aline: *O pneu tem comportamento mais parecido com a carcaça ou com a sacola?* {Questão da atividade (estudante)}.

20 - Luana: *Eu acho que com a carcaça, pois eu acredito que o pneu vai queimar ao invés de derreter.*

Após as discussões, as estudantes registraram suas previsões como apresentado no quadro 6.12 e sua resposta para a questão 1.

**Quadro 6.12.** Previsões relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento.

Procedimento	Previsões
Tentativa de dobrar	<i>O pneu irá dobrar e ele é mais flexível do que a carcaça de TV.</i>
Aquecimento	<i>O pneu, quando aquecido, apenas será esquentado, não derreterá.</i>

**Fonte:** A autoria das estudantes.

{Questão 1} *O pneu terá o comportamento mais parecido com a carcaça de TV, pois as estruturas de ambos os objetos plásticos são resistentes e quando o pneu é aquecido e colocado diretamente no fogo ele terá as mesmas reações que a carcaça, isto é, não acontecerá nada e queimará, respectivamente. E, em relação à flexibilidade, a do pneu se assemelha à da sacola.*

## GRUPO 6

### Situação Argumentativa 9.1

{Estudantes leem a instruções da atividade}.

1 - Karen: *Eu acho que o pneu é flexível.*

2 - {Algumas estudantes concordam com Karen}.

3 - Raquel: *Não concordo, pois a flexibilidade dependerá da espessura do pneu. Se o pneu for mais grosso, ele será menos flexível, porém se o pneu for mais fino, ele será mais flexível.*

{PQ3 se aproxima}.

4 - {A maioria das estudantes concorda com Raquel}.

5 - Karen: *Qual é o tipo do pneu que vamos fazer os testes?*

6 - PQ3: *O utilizado em carros.*

### Situação Argumentativa 9.2

1 - PQ3: *E o que vai acontecer quando o pneu for aquecido?* {Questão da atividade (pesquisadora)}.

2 - Raquel: *Ele vai derreter.*

3 - Daniela: *Não. Eu acho que ele vai queimar, pois tem um pedaço de uma música da Ivete que diz "Cheiro de pneu queimado..."*.

4 - Estudantes: *É verdade.*

Na sequência, as integrantes do grupo registraram suas previsões como apresentado no quadro 6.13 e sua resposta para a questão 1.

**Quadro 6.13.** Previsões relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento.

Procedimento	Previsões
Tentativa de dobrar	<i>Ele dobra, pois possui uma flexibilidade, porém não permanecerá dobrado.</i>
Aquecimento	<i>Ele irá queimar, reduzindo seu tamanho.</i>

**Fonte:** Autoria das estudantes.

{Questão 1} *O pneu terá o comportamento mais parecido com o da carcaça de TV, pois ele queimará ao ser colocado diretamente na chama.*

Após a professora ter disponibilizado 15 minutos para os grupos fazerem as previsões para o pneu e responderem à questão 1, cada grupo recebeu um pedaço de pneu para fazer o teste. Na sequência, 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, ocorreu o seguinte diálogo:

Professora: *Uai, por que não saiu fumacinha preta do pneu?*

Estudantes: *Porque ele não foi colocado diretamente na chama.*

Professora: *Então, o que aconteceria com o pneu caso ele fosse colocado diretamente na chama?*

Estudantes: *Ele queimaria.*

Professora: *Qual é mesmo a diferença entre queimar e derreter?*

Estudantes: *Quando algo derrete é apenas uma mudança de estado físico e quando algo queima novas substâncias são formadas.*

Pergunta: *Caso o pneu seja submetido diretamente ao aquecimento, será possível observar alguma diferença?*

Estudantes: *Sim.*

Professora: *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 o assistido, ocorreu o seguinte diálogo:

Professora: *O que vocês observaram?*

Estudantes: *Uma fumacinha preta.*

Professora: *Com qual objeto plástico o pneu apresenta comportamento similar quando submetido diretamente ao aquecimento?*

Estudantes: *Com o da carcaça.*

Na sequência, a professora solicitou que os estudantes respondessem as próximas questões da Atividade 9.

### GRUPO 3

Após registaram as suas observações como apresentado no quadro 6.14, as estudantes responderem afirmativamente à questão 2 (As observações feitas a partir do procedimento realizado e observado em vídeo estão de acordo com as previsões do seu grupo?) e se engajaram em discussões visando responder as demais questões da atividade.

**Quadro 6.14.** Observações relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento indireto e direto.

Procedimento	Observações
Tentativa de dobrar	<i>O pneu dobrou, pois é flexível.</i>
Aquecimento	<i>Nada aconteceu com o pneu quando ele foi aquecido. Mas ao ser colocado na chama, ele queimou.</i>

**Fonte:** Autoria das estudantes.

### Situação Argumentativa 9.4

1 - Aline: *Os modelos de nosso grupo são capazes de explicar essas observações?* {Questão da atividade (estudante)}.

2 - Luana: *Sim.*

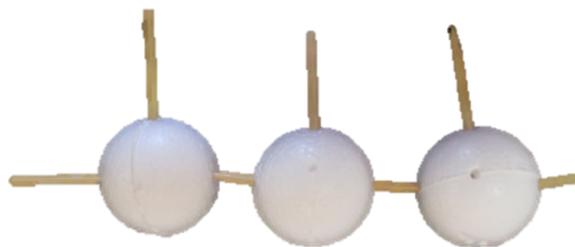
3 - Aline: *Não, pois o pneu é a mistura dos objetos plásticos carcaça de TV e sacola.*

### Situação Argumentativa 9.5

- 1 - Luana: *Nós podemos explicar a flexibilidade do pneu com ligações?*
- 2 - Aline: *Nós podemos explicar a flexibilidade com ligações e interações.*  
{PQ2 se aproxima do grupo}.
- 3 - {Algumas estudantes concordam com Aline}.
- 4 - Luana: *Mas se o pneu tivesse interações, quando fosse levado ao fogo ele teria que derreter.*
- 5 - Algumas estudantes: *É mesmo.*
- 6 - PQ2: *Então, vocês concluíram que são as ligações químicas que explicam os comportamentos do pneu, é isto?*
- 7 - Aline: *Sim. Agora queremos saber o tipo de ligação do pneu que permite ele dobrar.*
- 8 - PQ2: *A carcaça e o pneu são oriundos do petróleo, então podemos dizer que a constituição é praticamente a mesma. Se a constituição é praticamente a mesma, átomos de carbono e hidrogênio, os tipos de ligação nesses objetos são os mesmos. Como podemos explicar a flexibilidade do pneu?*
- 9 - Beatriz: *Depende de temperatura de seu aquecimento.*
- 10 - PQ2: *Não, pois se dependesse da temperatura, o pneu teria derretido ao ser aquecido.*
- 11 - Estudantes: *É mesmo.*
- 12 - Beatriz: *Talvez o processo de fabricação da carcaça seja diferente do do pneu.*
- 13 - Gisele: *Sim, pois quando fazemos um doce, quanto mais tempo ele é deixado no fogo, mais duro ele fica. Então, se o pneu ficar o mesmo tempo que a carcaça de TV no fogo, ele se tornará tão rígido quanto a carcaça de TV.*
- 14 - PQ2: *O processo de fabricação desses plásticos é diferente, vocês não estão erradas. Porém ele não é capaz de explicar o que o grupo observou nos experimentos.*  
{PQ2 recorre ao modelo que o grupo propôs para a carcaça de TV}.
- 15 - PQ2: *O que poderia ser feito nessa estrutura para que ela se desfizesse mais facilmente?*
- 16 - Gisele: *Fazer com que as ligações fiquem mais fracas.*
- 17 - Aline: *Não, pois as ligações químicas são do mesmo tipo tanto na carcaça quanto no pneu.*
- 18 - Nina: *Eliminar algumas ligações químicas.*
- 19 - <PQ2 fez um movimento de afirmativa com a cabeça.>
- 20 - Nina: *Isso é capaz de explicar por que o pneu é mais flexível do que a carcaça de TV e porque ele não derrete.*

Na figura 6.9 é apresentado o modelo concreto do pneu proposto pelo G3 para explicar os comportamentos observados para esse objeto plástico quando submetido à tentativa de dobrá-lo e ao aquecimento indireto e direto.

**Figura 6.9.** Modelo concreto proposto pelo G3 para explicar os comportamentos observados para o pneu quando submetido à tentativa de dobrá-lo e ao aquecimento indireto e direto.



**Fonte:** A autoria das estudantes.

Após a construção do modelo, as integrantes do grupo registraram suas respostas para as questões 3 (O(s) modelo(s) do seu grupo é(são) capaz(es) de explicar essas observações? Por quê?) e 5 (que solicitava a reformulação do modelo, caso isto fosse necessário):

{Questão 3} Não.

{Questão 5.a} Usamos o modelo da carcaça de TV, mas mudamos na explicação, sendo que o pneu possui uma quantidade menor de ligações químicas do que a carcaça de TV.

{Questão 5.b} Utilizamos os mesmos materiais.

{Questão 5.c} O que muda no nosso modelo é o pensamento em relação ao número de ligações presentes no pneu que é menor do que o da carcaça de TV, e isso explica porque aquele objeto é mais flexível do que a carcaça de TV. Além disso, a presença de ligações entre as macromoléculas do pneu explica porque esse objeto não derrete.

A questão 4 (que solicitava ao grupo convencer seus colegas do modelo proposto) não foi respondida por G3, uma vez que as estudantes avaliaram que seus modelos não eram capazes de explicar as observações relacionadas ao pneu quando submetido à tentativa de dobrá-lo e ao aquecimento indireto e direto.

## GRUPO 6

O G6 registrou as suas observações como apresentado no quadro 6.15 e respondeu afirmativamente à questão 2 (sobre as observações terem confirmado as previsões).

**Quadro 6.15.** Observações relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento indireto e direto.

Procedimento	Observações
Tentativa de dobrar	<i>Possui flexibilidade para ser dobrado, mas não permanece dobrado, voltando ao seu estado 'normal'.</i>
Aquecimento	<i>Ao ser aquecido indiretamente, o pneu não sofreu alteração, mas quando aquecido de forma direta houve uma queima do material, como foi observado na carcaça de TV.</i>

**Fonte:** A autoria das estudantes.

Posteriormente, as estudantes começaram a discutir visando responder as demais questões da atividade.

### Situação Argumentativa 9.3

1 - {Leitura da questão da atividade: O(s) modelo(s) do seu grupo é(são) capaz(es) de explicar essas observações? Por quê?}.

2 - Camila: *Então o nosso modelo de carcaça de TV é capaz de explicar os comportamentos do pneu, pois ele queimou.*

3 - Júlia: *Eu acho que não, pois o modelo do pneu tem que ter interações, pois, caso contrário, não conseguiremos explicar sua flexibilidade*

{PQ3 se aproxima}.

4 - Camila: *Então, o nosso modelo para pneu tem que ser interações intermoleculares e ligações químicas.*

5 - Júlia: *Pois isso explica ele ser flexível e queimar.*

6 - Maria: *Não. Eu acho que o modelo do pneu deve possuir apenas ligações químicas que nem o da carcaça de TV, pois ambos queimaram.*

7 - Júlia: *Não concordo, pois se o modelo do pneu for apenas de ligações químicas, esse objeto teria que ser pouco flexível. Talvez o pneu teria que ter um número menor de ligações químicas do que a carcaça de TV.*

8 - PQ3: *Vocês acham essa ideia é capaz de explicar os comportamentos do pneu? {Questão da atividade (pesquisadora)}.*

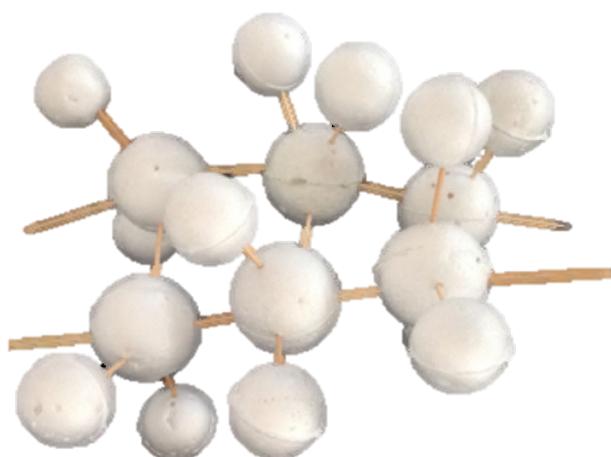
9 - Estudantes: *Sim.*

10 - PQ3: *O modelo que vocês elaboraram para a carcaça de TV é capaz de explicar os comportamentos do pneu? {Questão da atividade (pesquisadora)}.*

11 - Júlia: *Em partes, pois o nosso modelo para a carcaça de TV é de ligação entre suas moléculas, isso explica a carcaça ser pouco flexível e queimar. No entanto, para o pneu, precisamos mostrar que existem ligações em menor quantidade do que na carcaça de TV para explicar por que esse objeto queima e é mais flexível do que a carcaça TV.*

Com base nessa discussão, as estudantes reformularam o modelo concreto para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la e ao aquecimento indireto e direto, acrescentando mais ligações químicas na estrutura (figura 6.10).

**Figura 6.10.** Modelo concreto reformulado pelo G6 para explicar os comportamentos observados para a carcaça de TV quando submetida à tentativa de dobrá-la e ao aquecimento indireto e direto v.2.



**Fonte:** A autoria das estudantes.

Em seguida, as estudantes produziram o modelo concreto para explicar os comportamentos observados para o pneu quando submetido à tentativa de dobrá-lo e ao aquecimento indireto e direto (figura 6.11).

**Figura 6.11.** Modelo concreto reformulado pelo G6 para explicar os comportamentos observados para o pneu quando submetido à tentativa de dobrá-lo e ao aquecimento indireto e direto.



**Fonte:** A autoria das estudantes.

Após a construção dos modelos, G6 registrou suas respostas para as questões 3 e 5, porém o mesmo não foi feito para a questão 4, pois o grupo concluiu que seus modelos não eram capazes de explicar as observações relacionadas ao pneu quando submetido à tentativa de dobrá-lo e ao aquecimento indireto e direto:

{Questão 3} *Em partes, pois o nosso modelo da sacola explica a interação entre suas moléculas. O da carcaça de TV explica a ligação entre suas moléculas. No entanto, para o pneu, precisamos mostrar que somente existem ligações e em menor quantidade do que na carcaça de TV.*

{Questão 5.a} *O modelo do pneu possui uma quantidade menor de ligações químicas do que o da carcaça de TV. Isso explica por que ele é flexível e queima.*

{Questão 5.b} *Utilizamos os mesmos materiais.*

{Questão 5.c} *É possível perceber que o pneu apresenta características similares aos objetos sacola e carcaça. Entretanto, ao aquecê-lo, seu comportamento se aproxima mais do da carcaça, pois o mesmo não derrete quando aquecido, e sim queima. O modelo do pneu também representa as ligações em menor quantidade do que o da carcaça de TV. Esse aspecto explica por que ele é flexível e a carcaça rígida.*

Na sequência, as estudantes se engajaram em outra discussão, que envolveu a criação e avaliação de um novo modelo para explicar os comportamentos do objeto plástico pneu.

#### Situação Argumentativa 9.4

1 - Raquel: *Deve ter um composto diferente na estrutura do pneu e não presente na da carcaça de TV, pois a fumaça formada na queima do pneu foi diferente da fumaça formada na queima da carcaça.*

2 - Camila: *É verdade.*

3 - Júlia: *Não, pois a fumaça que foi produzida durante a queima de ambos plásticos apresentou a mesma cor, preta. Porém a quantidade de fumaça formada durante a queima do pneu foi menor do que a da carcaça em função do pneu possuir menos ligações químicas do que a carcaça de TV.*

4 - {Estudantes concordam com Júlia}.

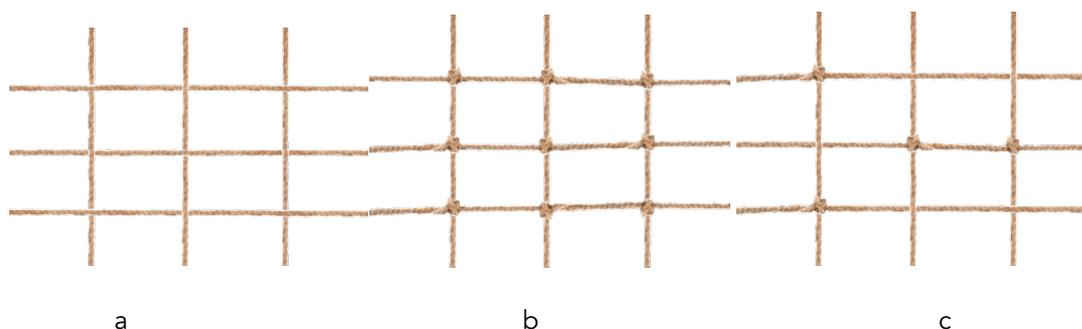
Após a professora passar pelos grupos e ter certeza de que eles haviam finalizado a Atividade 9, ela falou que apesar de eles terem elaborado modelos visualmente diferentes, as ideias centrais de todos eles eram bem próximas das do modelo curricular. Para que os estudantes compreendessem este modelo, a professora representou as cadeias poliméricas como se fossem cordas (Figura 6.12), nas quais os nós seriam as ligações covalentes entre as cadeias e os entrelaces as interações intermoleculares. A estrutura da sacola de

supermercado foi representada por várias cordas interlaçadas, o que favorece separá-las e movimentá-la com mais facilidade do que se ela tivesse nós. Segundo a professora, esses aspectos podiam ser comparados ao fato de esse objeto poder ser dobrado e deformado (sob aquecimento indireto).

No caso da carcaça de TV, a professora disse que sua estrutura teria várias cordas e nós, formando uma rede rígida. Isto poderia contribuir para que fosse mais difícil separar as cordas e movimentá-las do que quando essas estão apenas entrelaçadas. Esses aspectos podiam ser comparados ao fato de esse objeto não poder ser dobrado e deformado (sob aquecimento indireto).

Em relação à estrutura do pneu, a professora disse que esta poderia ser representada por várias cordas e alguns nós. Isto poderia contribuir para que fosse difícil separar as cordas, mas seria mais fácil movimentá-las do que no caso anterior (analogia utilizada para a carcaça de TV). Esses aspectos podiam ser comparados ao fato de esse objeto poder ser dobrado, mas não deformado (sob aquecimento indireto).

**Figura 6.12.** Representações para a analogia utilizada a) sobre as interações na sacola de supermercado; b) sobre as ligações na carcaça de TV; e c) sobre as ligações e interações presentes no pneu.



**Fonte:** Autoria nossa.

#### 6.1.4 Modelagem em contexto sociocientífico

Para fazer um link com as próximas atividades (que envolviam modelagem em um contexto sociocientífico) 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 tais diferentes comportamentos. Em seguida, ela lembrou a conclusão a que a turma havia chegado na

discussão da Atividade 5 (as pessoas utilizam muitos 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, a professora disse que esses aspectos seriam discutidos a partir do texto, o qual tinha como finalidade problematizar a questão do acúmulo de plásticos (Atividade 10, parte A). Na sequência, ela o entregou para os estudantes e solicitou que eles escolhessem os personagens presentes neste e os representassem. Os estudantes ficaram bastante empolgados com a proposta da professora.

Depois da escolha dos personagens, a leitura do texto foi feita. Na sequência, a professora perguntou: *O que acharam do texto? Por quê?; O problema de acúmulo de plásticos afeta seus bairros? Como?; Vocês acham que a reciclagem pode ser uma boa solução para o problema? Por quê?.* Os estudantes disseram que gostaram do texto e alguns citaram situações que ocorreram em seu bairro que eram similares às descritas pelo texto. Em relação ao processo de reciclagem ser uma boa solução para o problema de acúmulo dos plásticos, os estudantes disseram que sim e alguns deles reconheceram que essa solução possui 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 que a população fosse conscientizada quanto ao problema do acúmulo de plásticos.

Após essa discussão, a professora apresentou o conceito de reciclagem mecânica. Ela também ressaltou 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 confundir-lo com o de reutilização, ela forneceu 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.

Posteriormente, ela solicitou aos estudantes responder à questão 1 da atividade 10 parte B (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?).

### GRUPO 3

#### Situação Argumentativa 10.1

1 - Aline: *Pessoal, olhem aqui, devemos escolher um objeto plástico para ser reciclado, mas qual vamos escolher?* {Questão da atividade (estudante)}.

2 - Algumas estudantes: *Pneu.*

3 - Aline: *Mas por que DEVEMOS escolher esse objeto?* {Questão da atividade (estudante)}. *Pode ser outro.*

4 - Gisele: *Porque podemos fazer mais coisas com o pneu.*

5 - Luana: *Não podemos confundir os conceitos de reciclagem e reutilização.*

{Professora e pesquisadora se aproximam e a professora interage com o grupo}.

6 - Gisele: *Nós vamos derreter o pneu e fazer uma outra coisa com ele.*

7 - Luana: *Mas o pneu não derrete.*

8 - Professora: *Concordo com você. Podemos escolher outro objeto para ser reciclado? Por quê?* {Questões da atividade (professora)}.

9 - Estudantes: *Não=*

Aline: *=porque a carcaça de TV e o pneu não derretem.*

Considerando a discussão anterior, as integrantes do grupo registraram suas respostas para a questão 1:

{Questão 1.a} *A sacola, porque em uma temperatura adequada ela derrete, podendo formar outras sacolas ou coisas.*

{Questão 1.b} *Não, porque nem a carcaça de TV e nem o pneu derretem.*

Após registro, o sinal que indica o término da aula tocou.

### GRUPO 6

#### Situação Argumentativa 10.1

1 - Maria: *Qual objeto plástico nós vamos escolher?* {Questão da atividade (estudante)}.

2 - Camila: *Pneu, pois ele é mais fácil.*

3 - Maria: *O que o pneu poderia se tornar na reciclagem?*

4 - Camila: *Outro pneu.*

{Professora se aproxima}.

5 - Camila: *A sacola também pode ser transformada em sacola.*

6 - Maria: *O mesmo pode acontecer com a carcaça de TV. Qual objeto plástico nós vamos escolher?*

7 - Raquel: *A sacola.*

8 - Professora: *Mas por quê?* {Questão da atividade (professora)}.

9 - Raquel: *Porque é mais fácil.*

10 - Professora: *É mais fácil reciclar, é isso?*

11 - <Raquel faz um movimento afirmativa com a cabeça>.

12 - Professora: *Eu não acho que seja mais fácil reciclar a sacola do que os outros materiais. Por que seria?*

13 - Raquel: *Porque ela derrete mais fácil.*

14 - Professora: *Você disse que a sacola derrete mais fácil, e a carcaça de TV e o pneu?*

15 - Estudantes: *Queimam.*

16 - Professora: *Eu consigo reciclá-los?*

17 - Estudantes: *Não.*

18 - Professora: *Será que não é possível mesmo? Por quê?*

19 - Camila: *Pois a sacola é que derrete, ou seja, a carcaça e o pneu sofrem combustão e formam algo novo e para reciclar é necessário que o objeto sofra uma transformação na qual sua composição não seja alterada, ou seja, que ele funda.*

20 - Raquel: *Então, devemos selecionar a sacola para reciclar.*

21 - {Estudantes concordam com Camila}.

Com base nessa discussão, as estudantes registraram suas respostas para a questão

1:

{Questão 1.a} *A sacola, porque ela derrete, ou seja, ela não queima como a carcaça de TV e o pneu e nem produz gás carbônico e outras substâncias.*

{Questão 1.b} *Não, pois a sacola é que derrete, ou seja, os outros objetos plásticos (carcaça de TV e pneu) sofrem combustão, e isso leva à formação de novas substâncias. E, para reciclar um objeto é necessário que este sofra uma transformação na qual sua composição não seja alterada, isto é, ele funda.*

Após registro, o sinal que indica o término da aula tocou.

**Aula do dia 20/10/2017**

A professora iniciou recapitulando o que foi feito no encontro do dia 29/09<sup>52</sup>, isto é, a leitura e as discussões do/sobre o texto 'Assembleia Geral: Acúmulo de Plásticos' e a questão 1 da atividade 10 parte B. Em relação a esta, a professora recordou os conceitos de reciclagem e reutilização. Na sequência, ela solicitou aos estudantes revisar o que haviam escrito como resposta para a questão 1 e leu a questão 2 da atividade 10 parte B, que solicitava a elaboração de um modelo para tentar resolver o problema de acúmulo de plásticos a partir da reciclagem. Nesse momento, ela 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 um processo complexo. 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.

### GRUPO 3

#### Situação Argumentativa 10.2

1 - Aline: *Eu acho que devemos fazer uma pesquisa com toda a cidade para descobrir a quantidade de sacolas utilizadas em média pela população e em seguida, solicitaremos à população reduzir o consumo de sacolas e utilizar sacolas ecológicas.*

2 - Beatriz: *Vocês já ouviram falar de garrafas retornáveis!?*

3 - Estudantes: *Sim.*

4 - Beatriz: *Isso poderia ser feito com a sacola.*

5 - Aline: *Nós juntamos sacolas e devolvemos para o supermercado. Mas o que o supermercado nos dará em troca?*

6 - Nina: *Sacola de pano=*

Isa: *=pois isso seria uma forma mais simples de racionalizar o consumo das sacolas de plástico. Nisso o supermercado enviaria as sacolas para uma empresa especializada para reciclá-las.*

7 - Luana: *Não, pois solicitar que as pessoas reduzam o consumo de sacolas é uma opção melhor do que reciclá-las.*

---

<sup>52</sup> Os estudantes não tiveram aulas de química nos dias 06/10 e 13/10. A semana do dia 06/10 foi destinada ao desenvolvimento e à apresentação de trabalhos relacionados à disciplina Artes. No que diz respeito ao dia 13/10, não houve aulas, pois, como previsto no calendário da escola, este dia fazia parte de um recesso escolar.

8 - Isa: *Mas com a reciclagem das sacolas, o número de sacolas que a empresa produzirá será menor.*

9 - Aline: *A empresa de reciclagem poderia utilizar várias sacolas para produzir uma com uma resistência maior, pois assim a sacola não rasgaria.*

10 - Isa: *Sim. As pessoas utilizam geralmente duas ou mais sacolas para carregar as compras. Com sacolas resistente, elas irão consumir menos sacolas.*

11 - {Estudantes concordam com Isa}.

### Situação Argumentativa 10.3

1 - Gisele: *Ao invés de cada uma de nós transportar uma parte das sacolas, os supermercados poderiam transportá-las para a casa de uma de nós, pois isso contribuiria para a redução de emissão de gases.*

2 - Isa: *Mas isso não adiantaria, pois ainda haveria emissão de gases poluentes. Poderíamos colocar postos de coleta especializados, que também poderiam estar em supermercados.*

3 - {Estudantes concordam com Isa}.

### Situação Argumentativa 10.4

{PQ3 se aproxima do grupo e lê a proposta de modelo do grupo}.

1 - PQ3: *O que vocês farão para tornar as sacolas resistentes?*

2 - Isa: *Uma substância será acrescentada nas sacolas para deixá-las mais resistentes.*

3 - Aline: *Eu discordo, pois seria melhor que várias sacolas fossem juntadas para fabricar uma.*

4 - PQ3: *Por que sua ideia é melhor do que a da Isa?*

5 - Aline: *Pois minha ideia erradicará o uso de sacolas e sua presença no meio ambiente. Você sabe Isa, que substância é essa que dá resistência à sacola e como ela muda a estrutura química da sacola?*

6 - Isa: *Não.*

### Situação Argumentativa 10.5

1 - PQ3: *Vocês acham que é importante separar as sacolas por cor?*

2 - Aline: *Eu acho que sim.*

3 - PQ3: *Será que é importante mesmo? Por quê?*

4 - Aline: *Pois isso pode afetar o tempo que ela degrada no ambiente, mas não tenho certeza. O papel branco, por exemplo, demora mais tempo para degradar no ambiente do que o biodegradável, que possui cor parda. Então, eu acho que a cor da sacola pode influenciar no tempo que ela demora degradar no meio ambiente.*

### Situação Argumentativa 10.6

1 - Gisele: *Já que as sacolas de supermercado serão erradicadas com a reciclagem, que soluções podemos propor para que as pessoas tenham onde colocar o lixo de suas casas?*

2 - Nina: *Sacos grandes pretos poderiam ser utilizados pelas pessoas, visto que nesses é possível colocar muito lixo.*

3 - Aline: *Há um país, que esqueci o nome, que as pessoas levam os restos de comida em baldes e colocam em um depósito. Podemos propor isto.*

4 - Luana: *É verdade.*

5 - Isa: *Poderiam existir tubos nas casas para as pessoas colocarem os lixos e esses iriam para os lixões.*

6 - Beatriz: *Eu não acho que essas soluções são boas, pois elas acabariam com os empregos dos lixeiros.*

7 - Aline: *Elas não acabariam com as vagas de emprego, pois haveria vagas destinadas ao controle de máquinas em lixões.*

8 - Isa: *Como são muitas casas, são gerados muito lixos. Toneladas de lixo são produzidas por dia. Então, precisaria de muitas pessoas para trabalhar com o lixo.*

Após essas discussões, as estudantes registraram suas respostas para as questões 3 e 4 que envolviam, respectivamente, os aspectos considerados na elaboração do modelo e os aspectos não representados no mesmo:

{Questão 3} *O nosso projeto começa com uma pesquisa de campo para descobrir a quantidade de sacolas utilizadas em média pela população. Depois disso, faremos um projeto de sacola retornável, no qual você junta uma determinada quantidade desse objeto e recebe uma sacola de pano de volta. O processo de reciclagem das sacolas envolverá empresas de reciclagem que usarão uma quantidade X desse objeto para fazer uma, porém mais resistente. Assim, o uso de sacolas plásticas irá diminuindo à medida que as pessoas aderirem à sacola de pano.*

{Questão 4} Não.

## GRUPO 6

### Situação Argumentativa 10.2

1 - Maria: *Nós poderíamos transformar as sacolas em garrafas pet, vasilhas para colocar comida. Mas ao fazer isto, nós não estamos reduzindo a quantidade de plásticos na sociedade, pois estamos produzindo mais plásticos.*

2 - Júlia: *Não concordo, pois os plásticos estariam sendo removidos do meio ambiente.*

3 - Raquel: *Como você vai utilizar o mesmo material para produzir novos, então haverá redução de plásticos na sociedade.*

4 - {Estudantes concordam com Raquel e Júlia}.

5 - Júlia: *Mas não dá para transformar sacola em vasilhas e garrafas pet, pois a sacola é frágil.*

{PQ3 é chamada pelas estudantes}.

6 - Maria: *PQ3, nós temos a seguinte dúvida: durante o processo de fusão da sacola, cujo material é muito flexível, é possível endurecê-la de forma a transformá-la em uma vasilha?*

7- Júlia: *Não é possível, pois teria que fazer com que as partículas da sacola se juntassem e quando o material é fundido, as partículas se afastam.*

8 - PQ3: *Sim. Seria possível transformar a sacola em pneu a partir da reciclagem?*

9 - Estudantes: *Não.*

10 - PQ3: *Será que não é? Por quê?*

11 - Algumas estudantes: *Porque há ligações entre suas macromoléculas.*

12 - PQ3: *Seria possível transformar a sacola em carcaça de TV a partir da reciclagem?*

13 - Estudantes: *Não.*

14 - PQ3: *Por quê?*

15 - Maria: *Pelo mesmo motivo que falamos para o pneu.*

16 - PQ3: *Para avaliar os objetos que podem ser produzidos a partir da reciclagem da sacola é preciso que vocês pensem se eles são formados por macromoléculas que se interagem fracamente.*

17 - Karen: *A sacola poderia ser utilizada para produzir embalagens para alimentos, visto que possuem flexibilidade e espessura parecidas com as da sacola, pois eu acho que embalagens derretem.*

18 - {Estudantes concordam com a ideia de Karen}.

### Situação Argumentativa 10.3

1 - PQ3: *Vocês acham que é importante pensar em uma temperatura para as sacolas fundirem?*

2 - Estudantes: *Sim.*

3 - PQ3: *Será que é importante mesmo? Por quê?*

4 - Maria: *Pois ela possui uma temperatura específica para fundir. Se essa temperatura não for considerada ou for ultrapassada, as ligações químicas da sacola podem ser quebradas.*

### Situação Argumentativa 10.4

1 - PQ3: *Após fundir o material, o que deve ser feito com a pasta?*

2 - Maria: *Deixaremos a pasta esfriar e depois a colocaremos em um molde.*

3 - Karen: *Não concordo com você, pois para moldar algo, ele deve estar pastoso ou líquido.*

4 - Estudantes: *Tem razão.*

### Situação Argumentativa 10.5

1 - Júlia: *Eu acho que o funcionamento do processo de reciclagem pode ser assim: a prefeitura responsabilizará por fazer a coleta seletiva, higienizar e compactar as sacolas, por outro lado, a empresa privada fará o processo de sua reciclagem e as vendas das embalagens.*

2 - {Algumas estudantes concordam com Júlia}.

3 - Raquel: *Eu discordo de você, pois seria melhor a empresa privada compactar as sacolas.*

4 - Professora: *Eu não estou muito certa disso. Por que seria melhor a empresa privada compactar as sacolas do que a prefeitura?*

5 - Raquel: *Pois a prefeitura já terá gastos com os maquinários para coletar e higienizar as sacolas. Além disso, isso reduzirá a frequência do uso de transportes, o que contribui para reduzir a emissão de gases tóxicos.*

6 - {Estudantes concordam com Raquel}.

### Situação Argumentativa 10.6

1 - Professora: *O que deve ser feito com as embalagens?*

2 - Maria: *Devem ser vendidas.*

3 - Raquel: *Não concordo. A empresa deve vender uma parte das embalagens e a outra parte deve ser doada para escolas, pois temos que pensar na comunidade, como foi mencionado na atividade.*

Júlia: *Eu acho que é mais adequado a empresa doar uma parte dos lucros para a comunidade do que doar uma parte das embalagens para escola, pois isso ajudaria na infraestrutura da comunidade e não geraria lixo. A doação de embalagens para escola não teria utilidade e geraria lixo para comunidade.*

### Situação Argumentativa 10.7

1 - Raquel: *Como podemos favorecer a população reduzir o consumo de sacolas?*

2 - Maria: *Por meio de campanhas de conscientização.*

3 - Júlia: *Essa campanha pode ser realizada por estudantes, visto que os personagens centrais da história do texto são eles. Devemos colocar em nosso modelo que os estudantes vão receber dinheiro para fazer a campanha?*

4 - Raquel: *Não devemos colocar.*

5 - Júlia: *Por quê? Eles poderiam receber sim.*

6 - Karen: *Pois eles estão fazendo um trabalho de escola.*

### Situação Argumentativa 10.8

1 - Júlia: *Como obteremos a sacola?*

2 - Maria: *Elas serão obtidas a partir das lixeiras que com o escrito: Plásticos.*

3 - {A maioria das estudantes concorda com Maria}.

{PQ3 se aproxima}.

4- Daniela: *Eu discordo, pois as pessoas não jogam as sacolas nessas lixeiras, e sim as utilizam para colocar lixo.*

5 - Raquel: *Pessoas poderiam coletar as sacolas nos lixões.*

6 - PQ3: *Vocês acham que seria mais adequado as pessoas coletarem as sacolas em rios e ruas e retirarem os lixos de dentro delas ou elas irem até o lixão para retirar os lixos de dentro delas?*

7 - Estudantes: *A primeira situação, =*

Daniela: *=pois o lixão é um ambiente insalubre (.) Mas coletar sacolas em rios e ruas, e retirar lixos de dentro delas demandaria muito trabalho e não haveria pessoas para fazer isso.*

8 - PQ3: *Mas esse trabalho é realizado, pois, caso contrário, não haveria reciclagem de objetos.*

9 - Raquel: *O problema é que não há coleta seletiva nas comunidades apesar de algumas pessoas separarem seu lixo.*

10 - {Estudantes concordam com Raquel}.

11 - Maria: *Para resolver isto, os estudantes poderiam conscientizar a comunidade a fazer a coleta seletiva.*

12 - Daniela: *Mas o processo de coleta seletiva não seria realizado, pois é muito perigoso.*

13 - Raquel: *Para resolver isto, podemos colocar que a empresa privada/reciclagem teria fundos para comprar equipamentos de proteção e disponibilizá-los para a comunidade.*

Com base nessas discussões, as integrantes do grupo registraram seu modelo para tentar resolver o problema de acúmulo de plásticos a partir da reciclagem de sacolas de supermercado:

*1ª etapa: Campanha publicitária promovida pelos estudantes (porta a porta) sobre a importância da coleta seletiva; 2ª etapa: Parcerias com a prefeitura e uma empresa privada para ajudar no financiamento da campanha e promover a coleta e reciclagem do lixo (com o foco na sacola). A empresa privada terá a função de fornecer lixeiras adequadas para a comunidade, uma vez que ela receberá da prefeitura as sacolas a serem recicladas; 3ª etapa: A empresa privada implementará e entregará lixeiras individuais para a população, e a iniciará a coleta seletiva; 4ª etapa: O material recolhido das lixeiras será levado até um galpão por caminhões da prefeitura. Neste haverá voluntários responsáveis por separar o lixo, lavar e secar sacolas; 5ª etapa: Transportar as sacolas higienizadas para a empresa privada. Esta será responsável por compactar e fundir sacolas, bem como moldar a pasta em embalagens alimentícias. Estas serão vendidas para restaurantes, faculdades, outras empresas etc. A empresa também tem a obrigação de doar uma porcentagem de seus lucros para a comunidade.*

*Observação: A limpeza dos rios da comunidade (retirada de sacolas de plástico) será realizada pela empresa privada para solucionar inicialmente o problema dos rios.*

Elas também registraram suas respostas para as questões 3 e 4:

{Questão 3} *Campanha publicitária, parcerias com a prefeitura e uma empresa privada, fornecimento de lixeiras adequadas para comunidade, coleta, transporte, lavagem, secagem e reciclagem de sacolas*

{Questão 4} Não.

Após os estudantes terminarem a atividade, iniciou-se a etapa de socialização dos modelos. Desta vez, o G3 foi o primeiro grupo a apresentar seu modelo, enquanto G6 foi o penúltimo. No entanto, após a apresentação do G3, a professora questionou aspectos relacionados ao modelo deste grupo:

### GRUPO 3

#### Situação Argumentativa 10.7

1 - Professora: *Por que o supermercado recolheria as sacolas? Não estou certa de que há vantagens nisso.*

2 - Aline: *Porque os supermercados seriam parceiros do projeto e essa ação poderia atrair mais consumidores.*

3 - Maria {estudante do grupo 6}: *Com esse projeto, o supermercado reduziria seus gastos com sacolas, pois ele tem que comprá-las.*

4 - Aline: *Exatamente isso.*

5 - Professora: *Mas vai ter um investimento com a sacola de pano.*

6 - Isa: *Mas esse investimento feito com as sacolas de pano retornará para o supermercado quando este não precisar mais comprar sacolas de plástico.*

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. Nesse momento, o sinal que indica o término da aula tocou.

#### Aula do dia 10/11/2017<sup>53</sup>

A professora iniciou recapitulando o que havia acontecido no encontro do dia 20/10, isto é, a construção e apresentação de modelos, baseados na reciclagem, para tentar solucionar o problema do acúmulo de plásticos na sociedade (Atividade 10 parte B). Na sequência, ela apresentou o objetivo da Atividade 11, *Seu modelo resolve o problema*

---

<sup>53</sup> Os estudantes não tiveram aulas de química nos dias 27/10 e 03/11, pois a professora estava de licença por motivos pessoais.

*do acúmulo de plásticos?*: testar o modelo proposto na atividade anterior visando analisar em que extensão ele satisfazia os objetivos para os quais foi elaborado. Para isso, eles tinham que analisar se tal modelo: (i) era capaz de explicar o gasto monetário envolvido no processo de reciclagem de sacolas de supermercado; (ii) considerava a possibilidade de geração de empregos para a comunidade; e (iii) era capaz de explicar os impactos ambientais positivos e negativos ocasionados pelo processo de reciclagem de sacolas de supermercado e do produto obtido a partir do mesmo. Além disso, em caso afirmativo, eles tinham que explicar por que 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 por que ele era o mais adequado e pensar em como convencer os demais grupos disso.

Após ter explicado a atividade, a professora enfatizou que os estudantes deveriam avaliar se eles haviam realmente explicitado os aspectos apresentados nessa atividade em seus modelos.

### GRUPO 3

#### Situação Argumentativa 11.1

{Ao iniciarem a leitura da atividade, os estudantes não compreendem a questão 1 e solicitam ajuda da professora}.

{Professora solicita que os estudantes expliquem seu modelo para solucionar o acúmulo de plástico na sociedade e eles o explicam}.

1 - Professora: *O modelo que vocês propuseram É capaz de explicar os gastos envolvidos na inserção e utilização de um sistema de reciclagem de sacolas na comunidade?* {Questão da atividade (professora)}.

2 - Estudantes: *Sim*.

3 - Professora: *Mas o modelo que vocês propuseram não explica, por exemplo, os gastos com a compra de sacolas de pano e no uso da gasolina utilizada no transporte das sacolas. Então, ele não é capaz de explicar os gastos envolvidos na inserção e utilização de um sistema de reciclagem de sacolas na comunidade.*

4 - {Estudantes concordam com a professora}.

Após essa discussão, o G3 registrou suas respostas para as questões 1 e 2, que questionavam a abrangência do modelo proposto, e 5, que solicitava reformulações no modelo, caso isto fosse necessário:

{Questão 1} Não.

{Questão 2} Não.

{Questão 5.a e 5.b} *Para nosso novo modelo explicar o gasto monetário envolvido no processo de reciclagem desse objeto plástico uma empresa sustentável elaborará, em parceria com o governo e empresas (supermercados e lojas) que fazem o uso de sacolas, um projeto que ajudará na implementação de postos de coleta, fazendo com que assim o investimento inicial para a inserção e utilização de um sistema de reciclagem venha dessa parceria, e que a coleta seletiva se torne obrigatória para supermercados e lojas até virar costume. O retorno desse investimento para os supermercados e as lojas será a isenção de certas taxas para os supermercados, e para o processo como todo será o lucro e manutenção do meio ambiente a longo prazo. No que diz respeito ao modelo possibilitar a geração de empregos para a comunidade, haverá vagas de emprego tanto para executar as etapas de coleta e transporte de sacolas quanto nas outras etapas da reciclagem, que serão realizadas por uma empresa especializada e na de conscientização da sociedade. A consequência disso será o envolvimento da comunidade em todo o processo.*

### Situação Argumentativa 11.2

1 - Aline: *O seu modelo é capaz de explicar os impactos ambientais (positivos e negativos) envolvidos no processo de reciclagem desse objeto plástico? {Leitura em voz alta da questão 3 da atividade}.*

2 - A maioria das estudantes: *Sim.*

3 - Aline: *Não sei não. Por quê?*

4 - Isa: *O nosso modelo é capaz de explicar os impactos ambientais positivos, pois ele erradicará o uso de sacolas no meio ambiente.*

5 - Isa: *Eu acredito que o nosso modelo também é capaz de explicar os impactos ambientais negativos, pois o seu desenvolvimento será a longo prazo=*

Aline: *=o que implicará em um tempo maior para a extinção das sacolas.*

A partir da discussão anterior, o G3 registrou sua resposta para a questão 3:

*O nosso modelo é capaz de explicar os impactos ambientais positivos envolvidos no processo de reciclagem desse objeto plástico, pois ele erradicará as sacolas no meio ambiente. Ele também é capaz de explicar os impactos ambientais negativos, pois o seu desenvolvimento será a longo prazo, o que implicará em um tempo maior para a extinção das sacolas.*

Na sequência, ele registrou sua resposta para o item da questão 5 que questionava como eles poderiam convencer os colegas sobre a melhor adequação de seu modelo:

*Na parte financeira, haverá um investimento alto apenas no início do processo de inserção e utilização de um sistema de reciclagem das sacolas na comunidade, mas que futuramente trará retornos financeiro e ambiental. Na parte social, as empresas terceirizadas e as parcerias entre supermercados, lojas e governos gerarão empregos. E na parte ambiental, haverá a erradicação das sacolas, que serão substituídas por sacolas de pano.*

A questão 4 não foi respondida, pois o grupo avaliou que seu modelo devia ser reformulado.

## GRUPO 6

### Situação Argumentativa 11.1

1 - Maria: *E aí gente, nosso modelo é capaz de explicar o gasto monetário envolvido na inserção e utilização de um sistema de reciclagem desse objeto plástico na comunidade?* {Questão da atividade (estudante)}.

2 - Raquel: Não.

3 - Júlia: Sim.

4 - Maria: Por quê?

5 - Júlia: *Porque nós consideramos a ideia da prefeitura juntamente com uma empresa privada financiarem a campanha sobre a coleta de lixo e promoverem a coleta e reciclagem do lixo=*

6 - Daniela: *=e que após o processo de reciclagem, a empresa privada deveria fornecer uma determinada porcentagem de seu lucro para a comunidade.*

7 - {Estudantes concordam com Júlia e Daniela}.

### Situação Argumentativa 11.2

1 - Karen: *O seu modelo considera a possibilidade de geração de empregos para a comunidade no processo de reciclagem desse objeto plástico?* {Leitura em voz alta da questão da atividade}.

2 - Raquel: Não.

3 - Maria: *Nosso modelo considera SIM a geração de emprego, porque consideramos pessoas para realizar separação de lixo, lavar e secar as sacolas.*

4 - Júlia: *Mas as pessoas farão esses trabalhos voluntariamente. Então, não consideramos a geração de empregos para a comunidade no processo de reciclagem das sacolas.*

5 - {Estudantes concordam com Júlia}.

### Situação Argumentativa 11.3

1 - Karen: *O seu modelo é capaz de explicar os impactos ambientais (positivos e negativos) envolvidos no processo de reciclagem desse objeto plástico?* (Leitura em voz alta da questão da atividade).

2 - Raquel: *Sim, pois nós consideramos que a empresa privada realizará grande parte do processo de reciclagem das sacolas ao invés da prefeitura com objetivo de reduzir o uso de transporte. Isso contribuirá para a redução de gastos e emissão de gás carbônico.*

3 - Maria: *Além disso, nós consideramos que no processo de limpeza da sacola, a secagem será feita através da energia solar, bem como a limpeza dos rios, retirando sacolas deles.*

4 - Karen: *Eu avalio que o nosso modelo é capaz de explicar apenas os impactos ambientais positivos=*

Júlia: *=pois, nós não falamos dos impactos ambientais negativos.*

5 - {Estudantes concordam com Júlia e Karen}.

Considerando as discussões anteriores, as integrantes do grupo registraram suas repostas para as questões 1, 2, 3 e 5:

{Questão 1} *Sim. Consideramos a ideia da prefeitura juntamente com uma empresa privada financiarem a campanha sobre a coleta de lixo e promoverem a coleta e reciclagem do lixo. Após o processo de reciclagem, a empresa privada deverá fornecer uma determinada porcentagem de seu lucro para a comunidade.*

{Questões 2 e 5.a} *Não. Mas pode ser uma opção ao analisarmos a contratação de pessoas para trabalharem na coleta de lixo, o qual será encaminhado aos devidos locais e reciclado. Inicialmente, a lavagem e secagem das sacolas serão realizadas por voluntários, pois, haverá pouco investimento no projeto, porém, ao decorrer do projeto e sucesso do mesmo, os voluntários poderão ser contratados pela empresa privada. Além disso, a empresa privada gerará empregos para comunidade. Como haveria o aumento da produção da empresa, logo ela disponibilizaria mais vagas de emprego.*

{Questão 3} *Em partes. Nós consideramos que a empresa privada realizará grande parte do processo de reciclagem das sacolas ao invés da prefeitura com objetivo de reduzir o uso de transporte. Isso contribuirá para a redução de gastos e emissão de gás carbônico. Além disso, nós consideramos que no processo de limpeza da sacola, a secagem será feita através da energia solar, bem como a limpeza dos rios, retirando sacolas deles. Por outro lado, nosso modelo não é capaz de explicar os impactos ambientais negativos, pois não os discutimos.*

{Questão 5.b} *Deixamos de forma explícita que o nosso modelo traz benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a comunidade. Além disso, ele é capaz de explicar o gasto monetário envolvido na inserção e utilização de um sistema de reciclagem desse objeto plástico na comunidade.*

{Questão 5.c} *Dizendo que o nosso modelo lida diretamente com a comunidade, pois a escola conscientizará a população, e esta que fornecerá a matéria-prima e mão de obra. Ao fazer isso, a economia local ampliará e desenvolverá, e isso acarretará melhorias na infraestrutura da comunidade. Além disso, nosso modelo é sustentável ambientalmente, pois considera energia limpa, redução de custo e emissão de gases etc.*

Assim como o G3, o G6 também não registrou sua resposta para questão 4, visto que avaliou que seu modelo devia ser reformulado.

Após a professora ter disponibilizado 39 minutos para os estudantes realizarem a Atividade 11, ela solicitou que os grupos socializassem seus novos modelos para a turma. Diferentemente das outras apresentações, a professora solicitou que os grupos

apresentassem seus modelos simultaneamente. Para isso, ela sugeriu que as apresentações fossem feitas por questão. 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 solicitou, 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.

Todos os grupos fizeram modificações em seu modelo, pois não consideraram, ou consideraram de forma implícita, os aspectos gasto monetário, geração de emprego e/ou impactos ambientais.

G3 foi o primeiro a se apresentar, enquanto G6 foi o último. Ambos os grupos expressaram suas explicações, justificativas das modificações do modelo e conclusões abordadas anteriormente.

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 empresário no sentido de ter gastos para manter os funcionários na empresa.

Na discussão da questão 3, ela destacou o fato de, ao reformular seu modelo, apenas um grupo ter levado em consideração os aspectos ambientais negativos envolvidos

no processo de reciclagem de sacolas. Naquele momento, com o 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 quê? Energia? Essa energia é proveniente de quê? 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 de 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: *As sacolas recicladas são idênticas às sacolas 'virgens', ou seja, àquelas que ainda não haviam sido recicladas?* Os estudantes disseram que não, e uma estudante forneceu suporte a essa conclusão ao dizer que as sacolas recicláveis são menos resistentes do que as não recicláveis. A professora 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 forneceram respostas negativas para esses questionamentos e justificaram que deveria haver um limite para reciclar uma mesma sacola, pois, caso contrário, as sacolas se tornariam pouco resistentes e perderiam sua função. Ela também perguntou se existia algum modelo da turma que conseguia solucionar os problemas acarretados pelo acúmulo de todos os objetos plásticos analisados, isto é, sacola, carcaça de TV e pneu. Os estudantes disseram que não e um deles disse que a reciclagem não poderia ser utilizada para objetos plásticos que não fundem. A partir destas respostas, 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.

Após esta discussão, as pesquisadoras entregaram a Atividade 12, *Segunda Assembleia Geral: Novos Desafios* para os estudantes e, novamente, a professora solicitou que eles escolhessem os personagens que gostariam de representar no momento da leitura, feita conjuntamente.

Depois da leitura do texto, a professora solicitou que os estudantes respondessem as questões presentes na Atividade 12. Nesse momento, faltavam apenas 6 minutos para o término da aula.

### GRUPO 3

O G3 não iniciou a discussão da Atividade 12.

### GRUPO 6

#### Situação Argumentativa 12.1

- 1 - {Estudantes leem a questão 1 da atividade: Quais as vantagens do processo de reciclagem? Por que elas são vantagens?}.
- 2 - Yasmim: *Redução de lixo na cidade.*
- 3 - Karen: *Geração de empregos no processo de reciclagem.*
- 4 - Raquel: *Redução da poluição e da procura da matéria-prima na natureza=*  
Karen: *=pois as sacolas estão sendo recicladas.*

5 - Raquel: *Há contribuição para o aumento da economia global, pois há geração de empregos no processo de reciclagem.*

6 - Karen: *Por que essas coisas são vantagens? {Questão da atividade (estudante)}.*

7 - Raquel: *Todas essas coisas contribuirão para a redução de: pacientes nos hospitais por conta da poluição (doenças respiratórias), gastos da prefeitura com a limpeza das ruas, =*

Júlia: *=alagamentos causados por bueiros entupidos, =*

Raquel: *=e conseqüentemente um menor gasto na reconstrução dos desastres causados pela enchente.*

A partir dessa discussão, o G6 registrou sua resposta para a questão 1:

*As vantagens do processo de reciclagem são: redução de lixo na cidade, geração de empregos no processo de reciclagem, o que contribui para o aumento da economia global, redução da poluição e da procura da matéria-prima na natureza, uma vez que as sacolas estão sendo recicladas. Tais aspectos contribuirão para a redução: de pacientes nos hospitais por conta da poluição (doenças respiratórias); de gastos da prefeitura com a limpeza das ruas; alagamentos causados por bueiros entupidos, e conseqüentemente um menor gasto na reconstrução dos desastres causados pela enchente.*

Na sequência, sem que outras discussões tivessem ocorrido, foi registrada a resposta para a questão 2, sobre as vantagens e desvantagens da reciclagem:

*As desvantagens são: gasto com água que não será reutilizada ou tratada; e gasto muito elevado para realizar uma reciclagem totalmente sustentável.*

### **Aula do dia 17/11/2017**

A professora iniciou recapitulando o que foi feito no último encontro: a Atividade 11 e sua discussão, bem como o início da Atividade 12. Em relação a esta, a professora recapitulou seu objetivo. Ela também solicitou que os estudantes explicitassem o máximo de aspectos possíveis em seus registros para que, posteriormente, eles pudessem apresentar suas respostas. Por fim, ela ressaltou que o processo vivenciado por eles ao longo daqueles meses estava terminado, e por isso, deveriam continuar a fazer o seu melhor.

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 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 e a solicitação feitas pela professora, os grupos continuaram a fazer a Atividade 12.

### GRUPO 3

#### Situação Argumentativa 12.1

1 - Gisele: *Quais as vantagens do processo de reciclagem?* {Leitura em voz alta da questão da atividade} (.) *Eu acho que é a questão do meio ambiente=*

Luana: *=da diminuição de termoplásticos no meio ambiente.*

2 - Beatriz: *Eu não acho, pois a reciclagem pode favorecer a diminuição da produção de termoplásticos no mercado, e não a diminuição desse tipo de plástico no meio ambiente.*

3 - Aline: *Se a reciclagem é de um produto que já foi produzido, =*

Gisele: *=então, ela favorece SIM a diminuição de sacolas no meio ambiente.*

4 - Aline: *Qual é outra vantagem da reciclagem? (.) O processo de reciclagem de sacolas favorece a produção de outros objetos. Vocês concordam?*

5 - Estudantes: *Não sei.*

{Estudantes solicitam a ajuda da professora, que os atende prontamente}.

6 - Aline: *O processo de reciclagem de sacolas favorece a produção de outros objetos?*

7 - Professora: *Quando você recicla um objeto, você não vai formar um objeto com características muito diferentes do objeto anterior. Nós sabemos que sacola é um tipo de plástico maleável e com resistência pequena ao impacto. Então, você não pode pensar que com a reciclagem da sacola dá para fazer, por exemplo, chinelo.*

8 - Beatriz: *Professora, eu não concordo com as meninas de que a reciclagem contribui para a diminuição de termoplásticos no meio ambiente, pois você está produzindo e reciclando o mesmo tanto, não vai diminuir nada, só vai reciclar.*

9 - Professora: *Concordo com você. O que você está apontado é a desvantagem da reciclagem, mas ela possibilita a diminuição de produção de sacolas novas. Isso porque se eu tiver uma produção de 1000 sacolas diariamente, sendo que 200 destas seriam recicladas e utilizadas por uma comunidade, então, apesar de demanda continuar sendo 1000 sacolas, haverá um retorno de 200 sacolas para a comunidade.*

Com base na discussão anterior, as estudantes registraram sua resposta para as questões 1 e 2:

{Questão 1} *A diminuição de certos materiais (como plásticos que derretem) no meio ambiente. É uma vantagem, pois diminui o acúmulo de poluição no meio ambiente, o gasto com a produção desses plásticos e a diminuição da matéria-prima.*

{Questão 2} *Continua tendo impactos ambientais (como a emissão de gases), uso exacerbado de combustíveis e grande utilização de água para limpeza do material reciclado. Além disso, há um custo para que o material possa ser reciclado.*

Posteriormente, elas se engajaram em outras discussões visando responder as demais questões da atividade.

### Situação Argumentativa 12.2

{PQ3 se aproxima}.

{Estudantes em silêncio}.

1 - PQ3: *Que tipo de material PODE ser reciclado?*

2 - Aline: *Garrafa pet.*

3 - PQ3: *É possível reciclar pneu?*

4 - Estudantes: *Não.*

5 - PQ3: *Mas POR QUÊ?*

6 - Gisele: *Pois o pneu queima=*

Aline: *=e para reciclar um material é necessário que ele derreta.*

### Situação Argumentativa 12.3

1 - PQ3: *A reciclagem resolveu o problema levantado na assembleia?* {Questão da atividade}.

2 - Estudantes: *Não.*

3 - PQ3: *Por quê? Me convença.* {Questão da atividade (pesquisadora)}.

4 - Luana: *Pois o processo de reciclagem possui desvantagens. Por exemplo, o uso da matéria-prima dos plásticos, o petróleo, como combustível para o funcionamento da indústria de reciclagem. Além disso, haverá uma grande utilização de água para lavar as sacolas. Então, levando em consideração a questão financeira e o fato de utilizar a mesma matéria-prima, eu acho que a reciclagem não resolve o problema de acúmulo de plásticos. Além disso, a carcaça de TV e o pneu não são possíveis de ser reciclados, pois não derretem, eles queimam. Isso significa que a reciclagem não abrange vários tipos de plásticos.*

### Situação Argumentativa 12.4

1 - PQ3: *Há alguma maneira de modificar o seu modelo para que ele seja a solução do problema levantado na assembleia?* {Questão da atividade}.

2 - Estudantes: *Não.*

3 - PQ3: *Mas POR QUÊ? Me convença.* {Questão da atividade (pesquisadora)}.

4 - Luana: *Porque no caso da carcaça de TV e do pneu, como são termofixos, não podem ser reciclados, mas sim reutilizados.*

Após as discussões, as integrantes do grupo registraram suas respostas para as outras questões:

{Questão 3} *Sempre que o material puder ser derretido, pois a reciclagem consiste em fundir o material criando um novo.*

{Questão 4} *Não, pois não é possível reciclar a carcaça de TV e o pneu, pois não derretem, e sim queimam. Além disso, o processo de reciclagem gera prejuízos ambientais e econômicos.*

{Questão 5} *Não, pois a carcaça de TV e o pneu não podem ser reciclados, mas sim reutilizados.*

{Questão 6} *A reutilização para fazer produtos artesanais, para que assim a durabilidade do produto seja maior e sua reutilização reduza a fabricação de produtos que possam ser fabricados com esses materiais.*

## GRUPO 6

### Situação Argumentativa 12.2

{PQ3 se aproxima}.

1 - PQ3: *Qualquer material pode ser reciclado?*

2 - Estudantes: *Não.*

3 - PQ3: *Mas por quê?*

4 - Fernanda: *Pois nem todo material sofre fusão.*

5 - {PQ3 concorda com a resposta de Fernanda}.

### Situação Argumentativa 12.3

1 - Maria: *A reciclagem resolveu o problema levantado na assembleia? Por quê?* {Leitura em voz alta da questão da atividade}.

2 - Estudantes: *Não=*

Maria: *=pois nem todo material sobre fusão.*

{Professora interage com os estudantes}.

3 - Professora: *Mesmo para o material que pode ser reciclado, a reciclagem possui alguma desvantagem?*

4 - Karen: *Sim, pois ela gera custos, como com água, energia=*

Júlia: *=e gera resíduos.*

### Situação Argumentativa 12.4

1 - Maria: *Há alguma maneira de modificar o seu modelo para que ele seja a solução do problema levantado na assembleia?* {Leitura em voz alta da questão da atividade} (.) *Não tem como modificar o nosso modelo.*

2 - Karen: *Mas por quê? Eu acho que sim.* {Questão da atividade (estudante)}.

3 - Maria: *Porque nem todos os plásticos são possíveis de ser reciclados. Alguns têm que ser reutilizados. Além disso, apesar de ser possível realizar a reciclagem da sacola, esse processo gera poluentes.*

4 - Karen: *É verdade.*

Com base nessas discussões, G6 registrou suas respostas para as questões 3, 4, 5 e 6:

{Questão 3} *Quando o material pode ser fundido.*

{Questão 4} *Não, pois o processo de reciclagem tem um custo alto e gera impactos ambientais devido ao gasto de energia e acúmulo de resíduos. Além disso, nem todo material possui todas as propriedades favoráveis para ser reciclado.*

{Questão 5} *Não, pois nem todo material sobre fusão. Alguns têm que ser reutilizados. Além disso, apesar de ser possível reciclar a sacola, esse processo gera poluentes.*

{Questão 6} *Reduzir e Reutilizar. O pneu pode ser reutilizado para jardinagem, artesanato, brinquedos e móveis. A sacola pode ser reutilizada para brinquedos, como papagaios. Por fim, a carcaça de TV pode ser reutilizada como moldura de quadros e prateleiras.*

Após a professora ter disponibilizado 30 minutos para os estudantes finalizarem a atividade 12, ela promoveu a socialização das ideias discutidas pelos grupos.

No geral, os grupos concluíram que o processo de reciclagem: possuía vantagens e desvantagens; podia ser utilizado apenas para materiais termoplásticos, isto é, materiais que podiam ser fundidos; não resolvia o problema de acúmulo de plásticos na comunidade, uma vez que o uso daquele processo se restringia aos termoplásticos (dentre os que eles analisaram, apenas a sacola) e gerava impactos ambientais, sociais e econômicos negativos. Além disso, eles concluíram que outras soluções deveriam coexistir com a reciclagem para que o problema de acúmulo de plásticos na comunidade fosse solucionado, como, por exemplo, a reutilização e a redução. Tais conclusões foram consolidadas a partir de algumas questões realizadas pela professora:

*Por que a reciclagem diminui a poluição?*

*Por que a redução de matéria-prima é um impacto ambiental positivo? Sempre é possível fazer reciclagem? Quando?*

*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?*

*Há algum modelo da turma que seja a solução do problema levantado na assembleia? Por quê?*

*Além da reciclagem, quais outras possíveis soluções podem ser adotadas visando contribuir para a resolução do problema do acúmulo de plásticos? Como?*

Depois disso, a professora leu a Atividade 13, *Uma proposta*, e solicitou que os grupos a fizessem.

G3 e G6 discutiram e elaboraram, separadamente, 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, ambos os grupos apontaram as características relacionadas à estrutura de uma carta e tentaram segui-la. No texto da carta produzida, lê-se para cada grupo:

### GRUPO 3

*Belo Horizonte, 17 de novembro de 2017*

*Prezada Diretora,*

*Fazemos parte de um grupo de pesquisa que tem o objetivo de desenvolver um projeto de intervenção para resolver o problema de acúmulo de plásticos no meio ambiente. Isto nos levou a uma série de reflexões a respeito da ciência, em geral. A nossa proposta envolve a conscientização da população no que diz respeito ao acúmulo de plásticos na comunidade, a devolução das sacolas e a reciclagem destas visando a produção de sacolas mais resistentes. Avaliamos que a reciclagem pode contribuir para gerar empregos em departamentos distintos da indústria, mas ela não possui apenas pontos positivos. Além disso, chegamos à conclusão de que a reciclagem e a conscientização não são capazes de resolver o problema de acúmulo de plásticos. Com a reutilização e reciclagem poderemos reduzir os impactos ambientais, gerar lucro para as organizações envolvidas em nosso projeto e pensar em futuro mais sustentável.*

### GRUPO 6

*Prezada Diretora,*

*Gostaríamos de apresentar-lhe um relatório do projeto de execução iniciado por meio da sua reunião. A ideia de conscientização da população local foi executada pelos seus alunos, que foram nas casas das pessoas. Juntamente a isso, conseguimos o apoio da prefeitura para realizar a coleta seletiva e o transporte das sacolas até o local onde serão lavadas por voluntários. Esses têm a possibilidade de serem contratados futuramente. Além disso, conseguimos apoio de uma empresa privada para auxiliar na campanha publicitária dos estudantes, fornecer lixeiras adequadas para a coleta seletiva, realizar a fusão da sacola com vista a produzir embalagens e auxiliar na limpeza dos rios. Uma parte do lucro a ser recebido será dado para comunidade. O projeto conta com o apoio de toda a população para executá-lo de forma eficiente, isto é, de forma a reduzir consideravelmente o acúmulo de plásticos na comunidade.*

*O projeto não visa apenas o crescimento social, mas também o crescimento econômico, pois irá gerar empregos e melhorias para a população local.*

Ao término da redação da carta, G3 e G6 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.

## **6.2 Análise do estudo de caso**

Optamos por dividir este tópico em dois subtópicos, pois acreditamos que ao compreender cada uma das partes que o compõem, o leitor pode entender profundamente a análise do estudo de caso.

### **6.2.1 Exemplos de aplicação da ferramenta para analisar os dados do estudo de caso**

Neste subtópico, apresentamos exemplos de aplicação da ferramenta que construímos para analisar os dados de nosso estudo caso. Tal ação pode contribuir para que o leitor compreenda a ferramenta e como ela foi utilizada para analisar os dados deste estudo. Os critérios de escolhas dos exemplos foram:

- i. a representatividade das situações argumentativas (identificadas e delimitadas no tópico anterior a partir dos critérios provenientes do nível 1 de análise: seleção das discussões a serem analisadas), em termos de contemplar o maior número de categorias que compõem a nova ferramenta; e
- ii. a complexidade do assunto discutido nas situações argumentativas, em termos dos conhecimentos científicos, sociocientíficos, e sociais que foram modelados. Se o assunto discutido possui uma complexidade menor, isso pode contribuir para que o leitor compreenda melhor as análises feitas.

A partir desses critérios, selecionamos duas situações argumentativas expressas por G3 durante a modelagem em contexto cotidiano.

O primeiro exemplo é a situação argumentativa 1.1, que ocorreu durante a Atividade 1: *Construindo o conhecimento de uma maneira diferente*. O objetivo desta

atividade era elaborar um modelo que explicasse como funciona uma máquina de vender latas de refrigerante. Portanto, ela contribuiu para a criação e expressão de modelo(s) (etapas 1 e 2 do Diagrama Modelo de Modelagem v2), assim como favoreceu a ocorrência do diálogo de descoberta (Dds), cujo objetivo principal é elaborar uma explicação relacionada ao tópico em discussão (nível 2 de análise da ferramenta: identificação da natureza dialógica da atividade (tipo de diálogo)).

### Situação Argumentativa 1.1

1 - Aline: (1)<sup>54</sup> *Vocês acham que seria legal se na máquina tivessem duendes? (2) Imaginem um monte de criaturinhas dentro máquina e elas pegam seu refrigerante e suco!*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação das naturezas das movimentações dialógicas:** (1) Movimento Dialógico persuasivo (MDper) e (2) Movimento Dialógico de descoberta (MDdes). A estudante solicitou uma avaliação da hipótese, visto que possuía dúvida sobre validade dela, e na sequência expressou a hipótese que explica a forma de funcionamento da máquina de refrigerante.

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** a questão solicitou uma avaliação externa (A).

**Nível 5: Relevância das movimentações dialógicas:** MDdes é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: a forma de funcionamento de uma máquina de refrigerante é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: propor um modelo para explicar o funcionamento da máquina de refrigerante. MDper é relevante (R). R.1: mesmo tópico de MDdes; R.2: o movimento propôs um objetivo específico que contribuiu para o objetivo de MDdes.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas:** MDdes expressou uma hipótese nova para explicar a forma de funcionamento

---

<sup>54</sup> Números arábicos foram utilizados nas falas que possuíam mais de um tipo de movimento dialógico.

da máquina de refrigerante (CC.3). MDper expressou uma solicitação para avaliar a hipótese, o que pode contribuir para a construção do conhecimento (CC.4).

2 - Luana: *Não acho que essa forma de explicar seja correta para aula de química. Eu acho que a gente tem que explicar de uma maneira realística.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDper. Luana discordou da ideia de Aline.

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** expressou um argumento para refutar a hipótese de explicar o funcionamento da máquina de refrigerante de forma não realística (A, RSD.3).

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDper é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: forma de funcionamento de uma máquina de refrigerante é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática: A estudante atendeu o objetivo proposto pela sua colega no movimento anterior. A movimentação também exibiu contribuições para objetivo do diálogo. R.3 - premissas facilmente reconstruídas e aceitáveis: Se explicações/ideias reais são adequadas e aceitáveis para o contexto escolar/aula de química (premissa implícita), então temos que explicar de uma maneira racional. Explicar o funcionamento da máquina com duendes não é uma explicação/ideia real (premissa implícita). Logo, essa forma de explicar não é adequada e aceitável para o contexto escolar/aula de química.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDper expressou uma avaliação da hipótese (a partir de argumento), o que contribuiu para a construção do conhecimento (CC.4).

3 - Beatriz: *Ela {refere-se a professora} falou que poderia ser explicado dessa maneira {refere-se à explicação proposta pela Aline}.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDper. A estudante discordou de Luana/conflito de ideia.

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** expressou uma razão para dar suporte à hipótese de explicar o funcionamento da máquina de refrigerante de forma não realística (RSD.3) e refutar a ideia da colega (A).

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDper é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: forma de funcionamento de uma máquina de refrigerante é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com o objetivo proposto no movimento anterior e com o objetivo principal do diálogo. R.3 - premissa e conclusão facilmente reconstruídas e aceitáveis: A professora por ser uma figura de autoridade, sua fala possui um grau maior de aceitabilidade (premissa implícita). A professora falou que podemos explicar o funcionamento da máquina de refrigerante de forma não realística (premissa explícita). Logo, a forma de funcionamento da máquina de refrigerante pode ser explicada de forma não realística (Conclusão implícita).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDper expressou uma avaliação da hipótese de explicar o funcionamento da máquina de refrigerante de forma não realística a partir de uma nova razão, o que contribuiu para a construção do conhecimento (CC.4).

4 - Luana: *Pode?*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** Movimento dialógico de compartilhamento de informações (MDcin). A estudante solicitou uma informação.

<sup>55</sup>**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDcin é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: forma de funcionamento de uma máquina de refrigerante é um tópico

---

<sup>55</sup>Como discutido no capítulo 5, a análise do nível 4 é feita apenas para movimentos dialógicos que possuem aspectos estruturais argumentativos, isto é, para o *Movimento Dialógico persuasivo* (MDper) e *Movimento Dialógico persuasivo de disputa* (MDpdi).

do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com o objetivo principal do diálogo<sup>56</sup>.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** Não houve contribuição para a construção do conhecimento, pois havia sido discutido que o funcionamento da máquina poderia ser explicado de forma não realística (NCC).

5 - <Beatriz fez um sinal afirmativo com a cabeça.>

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDcin. A estudante forneceu a informação.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDcin é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: forma de funcionamento de uma máquina de refrigerante é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com o objetivo principal do diálogo.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** Não houve contribuição para a construção do conhecimento, pois já havia sido discutido que o funcionamento da máquina poderia ser explicado de forma não realística (NCC).

6 - Gisele: *Eu acho que tem todo programinha cheio de fio e mola, sabe.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDdes. Gisele concordou com a Luana sobre as explicações/ideias reais seriam aceitáveis e adequadas para o contexto escolar/aula de química e propôs uma hipótese de explicação realística.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDdes é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: a forma de funcionamento de uma máquina de refrigerante é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante;

---

<sup>56</sup> Como discutido no capítulo 5, as inferências são estabelecidas quando houver necessidade, critério R.3 - Distância Inferencial do nível 5 de análise.

R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: propor um modelo para explicar o funcionamento da máquina de refrigerante.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDdes expressou uma nova hipótese para explicar o funcionamento da máquina de refrigerante (CC.3).

7 - Aline: *Ah, eu tive uma outra ideia! A gente pode fazer como se fosse um jogo de pinball.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDdes. Propôs uma hipótese que poderia ser utilizada para explicar de forma realística o funcionamento da máquina de refrigerante.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDdes é parcialmente relevante (PR). R.1 - coerência de tópico: forma de funcionamento de uma máquina de refrigerante é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com o objetivo principal do diálogo; atende parcialmente o critério R.3: a estudante não mapeou as relações entre o alvo e o análogo. Isso foi realizado pelas suas colegas em movimentos posteriores.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** Apesar de MDdes ter sido classificado como parcialmente relevante, a estudante propôs uma nova hipótese que poderia ser utilizada para explicar de forma realística o funcionamento da máquina de refrigerante, que seria via analogia à máquina de pinball (CC.3).

8 - Gisele: (1) *É ISSO que estou falando!* (2) *Na máquina de pinball, você aperta o botãozinho e ai=*

Aline: *=a bolinha vai para cima=*

Nina: *=na máquina de refrigerante, você aperta o botãozinho e latinha é solta para entregar para o cliente.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação das naturezas das movimentações dialógicas:** (1) Movimento Meta-Dialógico de consenso (MMDcon). Gisele expressou que compartilhava a mesma ideia de sua colega; (2) MDdes. As estudantes estabeleceram conjuntamente as relações entre alvo e o análogo para explicar a forma de funcionamento da máquina de refrigerante via analogia à máquina de pinball.

**Nível 5: Relevância das movimentações dialógicas:** MMDcon é relevante (R). Esse tipo movimento é sempre relevante, visto que expressa ou verifica se os sujeitos compartilham um mesmo conhecimento, evitando incoerências de tópico, significado ou pragmática. MDdes é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: forma de funcionamento de uma máquina de refrigerante é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com o objetivo principal do diálogo; R.3 - conclusão facilmente reconstruída e aceitável: Na máquina de pinball, você aperta o botão e a bolinha vai para cima. Na máquina de refrigerante, você aperta o botão, e a latinha é solta para ser entregue para o cliente (premissas explícitas). Logo, o funcionamento do jogo da máquina de pinball é parecido com o mecanismo de funcionamento da máquina de refrigerante (conclusão implícita).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas:** MMDcon contribuiu para a construção do conhecimento, pois as estudantes expressaram que compartilhavam um mesmo conhecimento (CC.6). MDdes contribuiu para a construção da hipótese para explicar a forma de funcionamento da máquina de refrigerante via analogia à máquina de pinball, visto que estabeleceu relações, que não foram expressas em movimentos anteriores (CC.3).

9 - Os estudantes: *É uma boa ideia!*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MMDcon.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** Esse tipo movimento é sempre relevante, pois evidencia que os sujeitos compartilham uma mesma ideia, evitando incoerências de tópico, significado ou pragmática.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** CC.6, pois as estudantes expressaram que compartilhavam uma mesma ideia. Isso pode contribuir para a construção do conhecimento, uma vez que elas passaram a discutir a partir da mesma ideia.

10 - Aline: *Todo mundo já viu Detona Ralph?* {filme de animação}.

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** Movimento Meta-Dialógico de estabelecimento de contexto (MMDect). Aline buscou esclarecimento sobre se os colegas conheciam o filme antes de compartilhar ou propor algo sobre esse assunto.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** Esse tipo movimento é sempre relevante, visto que buscam esclarecer algo que foi dito ou o contexto, evitando uma incoerência de tópico (R.1), significado ou pragmática (R.2). Esse movimento também contribuiu para o objetivo do diálogo, visto que em movimentos posteriores, a estudante propôs uma hipótese para explicar a forma do funcionamento da máquina de refrigerante considerando aspectos do filme de animação.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MMDect evidenciou a solicitação de esclarecimento acerca de um novo assunto que se relaciona com o tema da discussão (ver próximos movimentos), que ainda não foi expresso em movimentos anteriores, para compartilhar ou propor algo sobre esse assunto (CC.8).

11 - Estudantes: *Já!*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MMDect.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** Esse tipo movimento é sempre relevante, visto que buscam esclarecer algo que foi dito ou o contexto, evitando uma incoerência de tópico (R.1), significado ou pragmática (R.2).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MMDect evidenciou o esclarecimento acerca de um novo assunto que se relaciona com o tema da discussão (CC.8).

12 - Aline: *Como se fosse o Sugar Rush {refere-se ao filme de animação}. São vários tipos de refrigerantes e sucos e tem uns números para selecionar qual você quer, é tipo um código. Aciona um código, uma bonequinha corre até o refrigerante e o pega, e ela mesma o entrega e pega o dinheiro.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDdes. Aline propôs uma hipótese para explicar a forma de funcionamento da máquina de refrigerante (Sugar Rush).

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDdes é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: forma de funcionamento de uma máquina de refrigerante é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com o objetivo principal do diálogo.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDdes expressou uma nova hipótese para explicar a forma de funcionamento da máquina de refrigerante (Sugar Rush) (CC.3).

13 - Gisele: *Nesse caso, a bonequinha seria uma mola?!*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** Movimento Meta-Dialógico de esclarecimento do significado de uma ideia (MMDesi). Gisele solicitou esclarecimento sobre o significado de determinado aspecto da proposta da colega. Para Gisele seria interessante a bonequinha representar a mola, pois ela estava defendendo a ideia de que a forma de explicar o funcionamento da máquina deveria ser realística. O intuito da estudante parece ter sido o de verificar se a colega apresentava a mesma ideia.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MMDesi é relevante (R), pois seu intuito foi evitar uma incoerência de tópico (R.1), significado ou pragmática (R.2).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MMDesi expressou um novo questionamento, que pode contribuir para a construção do conhecimento (CC.7).

14 - Aline: *Não, seria a Vannellope* {nome da bonequinha do filme de animação}.

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MMDesi. Aline forneceu esclarecimento sobre determinado aspecto de sua proposta.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MMDesi é relevante (R), pois seu intuito foi evitar uma incoerência de tópico (R.1), significado ou pragmática (R.2).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MMDesi expressou o esclarecimento do significado de uma ideia considerada como certa ou duvidosa/vaga em movimentos anteriores, apresentando o significado correto (CC.7).

15 - Isa: *No interior da máquina poderia funcionar como se o fosse o funcionamento de uma fábrica. Não tem a Coca-Cola?! Uma pessoa faz o fardo e passa para o lado, outra o enche e passa para lado, outra coloca o rótulo passa para lado e outra o fecha.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDdes. Isa propôs uma hipótese para explicar a forma de funcionamento da máquina de refrigerante (fábrica).

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDdes é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: forma de funcionamento de uma máquina de refrigerante é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com o objetivo principal do diálogo.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDdes expressou uma nova hipótese para explicar a forma de funcionamento da máquina de refrigerante (fábrica) (CC.3).

16 - Beatriz: *Vamos supor que dentro da máquina há três tipos de refrigerantes e três duendes. Cada duende é responsável por um tipo de refrigerante, ou seja, há um duende da Coca-Cola, um da Pepsi e um outro da Fanta. Ao selecionar o tipo de refrigerante, o duende responsável entra em ação com sua equipe.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDdes. Beatriz propôs uma hipótese para explicar a forma de funcionamento da máquina de refrigerante (considerou a ideia de Sugar Rush e da fábrica).

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDdes é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: forma de funcionamento de uma máquina de refrigerante é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com o objetivo principal do diálogo.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDdes expressou uma nova hipótese para explicar a forma de funcionamento da máquina de refrigerante (considerou a ideia de Sugar Rush e da fábrica) (CC.3).

17 - Aline: *Para nossa ideia ficar um pouco mais realista, podemos utilizar minirobôs que nem aqueles do filme Inteligência Artificial em vez de duendes.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDper. Aline avaliou a hipótese explicativa expressa no movimento anterior. Houve um conflito de ideias (ideia realística x ideia imaginária).

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** expressou um argumento para refutar uma parte da hipótese, em específico a ideia dos duendes (A, RSD.3).

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDper é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: forma de funcionamento de uma máquina de refrigerante é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com o objetivo principal do diálogo; R.3 - premissa facilmente reconstruída e aceitável: Ideias/explicações reais são aceitáveis e adequadas para o

contexto escolar/aula de química (premissa implícita). Minirroboês são mais realísticos do que duendes (premissa explícita). Logo, utilizar minirroboês em vez de duendes para explicar o funcionamento da máquina de refrigerante contribuirá para que a ideia fique um pouco mais realista (conclusão explícita).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDper evidenciou a avaliação da hipótese explicativa apresentada no movimento anterior ao apontar falhas a partir de uma nova relação (Ideias/explicações reais são aceitáveis e adequadas para o contexto escolar/aula de química, Minirroboês são mais realísticos do que duendes) (CC.4).

18 - Nina: *SUPER realístico robôes que possuem sentimentos!* {tom de ironia}.

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDper. Nina expressou uma posição contrária a ideia de Aline.

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** atacou a premissa: 'Minirroboês são mais realísticos do que duendes' com argumento visando refutar a conclusão (A, RSD.3).

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDper é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: forma de funcionamento de uma máquina de refrigerante é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com o objetivo principal do diálogo; R.3 - premissas e conclusão facilmente reconstruídas e aceitáveis: Explicações/ideias reais são aceitáveis e adequadas para o contexto escolar/aula de química (premissa implícita). Minirroboês do filme Inteligência Artificial possuem sentimentos (premissa implícita). Minirroboês com sentimentos não é uma ideia real (premissa explícita). Logo, a ideia de minirroboês com sentimentos não é aceitável (conclusão implícita); coerências de tópico e pragmática (R.1 e R.2).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDper expressou um novo argumento (CC.4).

19 - Aline: *Como vamos fazer? Qual ideia que vamos selecionar: a dos duendes, dos robôes ou da máquina de pinball?*

Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** Movimento Dialógico de deliberação (MDdel). Aline solicitou uma tomada de decisão.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDdel é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: forma de funcionamento de uma máquina de refrigerante é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com o objetivo principal do diálogo.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDdel expressou um novo questionamento, o que contribuiu para a construção do conhecimento (CC.2).

20 - Luana: (1) *Eu acho que a ideia da máquina de pinball, (2) pois ela é mais próxima da realidade.*

Níveis de análise

**Nível 3: Identificação das naturezas das movimentações dialógicas:** (1) MDdel e (2) MDpdi.

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDpdi:** forneceu uma razão para sustentar a tomada decisão (RSD.3).

**Nível 5: Relevância das movimentações dialógicas:** MDdel e MDpdi são relevantes (R). Ambos movimentos exibiram coerência de tópico (R.1): forma de funcionamento da máquina de refrigerante é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; e coerência pragmática (R.2) com o objetivo principal do diálogo e com o objetivo específico do movimento anterior. MDpdi foi expresso para sustentar uma tomada de decisão. Ideias/explicações reais são aceitáveis e adequadas para o contexto escolar/aula de química (premissa implícita). A ideia da máquina de refrigerante via analogia à máquina de pinball é mais próxima da realidade do que as outras (premissa explícita), logo a ideia da máquina de refrigerante via analogia à máquina de pinball é a mais adequada (conclusão explícita); premissa e conclusão facilmente reconstruídas e aceitáveis (R.3).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas:** MDdel expressou a seleção de uma das propostas de solução apresentadas em movimento(s) anterior(es), o que pode contribuir para a construção do conhecimento (CC.2). MDpdi expressou uma razão para dar suporte à seleção da solução. Apesar de ser uma razão já mencionada anteriormente, aqui é ela foi relacionada de uma outra maneira (CC.4).

21 - {As estudantes concordam com a Luana}.

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MMDcon.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** Esse tipo movimento é sempre relevante, pois evidencia que os sujeitos compartilham uma mesma ideia, evitando incoerências de tópico, significado ou pragmática.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** CC.6, pois as estudantes expressaram que compartilhavam uma mesma ideia. Isso pode contribuir para a construção do conhecimento, uma vez que elas passaram a discutir a partir da mesma ideia.

O segundo exemplo é a situação argumentativa 2.1, que ocorreu durante a Atividade 2: *Testando nossos modelos*. O objetivo desta atividade era testar o(s) modelo(s) visando analisar em que extensão ele(s) satisfazia(m) os objetivos para os quais foi(ram) elaborado(s) (etapa 3 do Diagrama Modelo de Modelagem v2). Assim, ela poderia favorecer a ocorrência de diálogos investigativo (Din) e o de descoberta (Dds). Se os modelos foram capazes de explicar as observações, os estudantes não precisaram reformulá-los. Isso favoreceria a eles se engajar no diálogo Din com o objetivo de investigar/testar a validade de hipótese(s) (no caso, do modelo) a partir de evidências. Caso contrário, os estudantes precisariam reformular seus modelos, o que favoreceria a eles se engajar nos diálogos Dds e/ou Din com a finalidade de elaborar explicação(es) (no caso, reformular o modelo) relacionada(s) ao tópico em discussão e/ou investigar/testar a validade de hipótese(s) a partir de evidências. Essa análise está associada ao nível 2: Identificação das naturezas dialógicas da atividade da ferramenta.

### Situação Argumentativa 2.1

1 - Isa: *O nosso modelo é capaz de explicar essas observações?* {Questão da atividade (estudante)}.

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** Movimento Dialógico de investigação (MDInv). A questão da atividade (estudante) solicitou analisar a validade do modelo do grupo a partir das observações fornecidas pela atividade.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDInv é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDInv expressou questionamento diferente dos expressos anteriores (CC.5).

2 - Luana: *Nosso modelo é capaz de explicar a observação 2, mas não é capaz de explicar a observação 1.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDInv.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDInv é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDInv evidenciou a avaliação da validade do modelo proposto em movimentos anteriores considerando os dados fornecidos pela atividade.

3 - Isa: *Portanto, teremos que fazer um novo modelo.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDInv.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDInv é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDInv expressou uma conclusão diferente da dos movimentos anteriores sobre a validade do modelo proposto, considerando os dados fornecidos pela atividade (CC.5).

{PQ1 se aproxima do grupo}.

4 - PQ1: *Mas POR QUE seu modelo é capaz de explicar a observação 2? Me convença* {Questão da atividade (pesquisadora)}.

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDper. Estudantes afirmaram que o modelo que propuseram era capaz de explicar a observação 2 e a atividade/pesquisadora solicitou que elas defendessem sua posição.

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** A questão da atividade solicitou razões que justificassem por que o modelo do grupo era capaz de explicar a observação 2 (A).

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDper é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s), pois a resposta a esse questionamento teve contribuições para atingir o objetivo do diálogo.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDper expressou um novo questionamento, que pode contribuir para a construção da ideia (CC.4).

5 - Luana: *Quando a máquina for ligada na tomada, seus sistemas não voltarão a funcionar no mesmo instante.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDper.

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** expressou razões para dar suporte ao modelo (RSD.3).

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDper é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s), pois a estudante respondeu adequadamente o questionamento da pesquisadora; R.3 - premissas e conclusão facilmente reconstruídas e aceitáveis: Máquinas possuem sistemas (premissa implícita). Sistemas não voltam a funcionar no mesmo instante que forem ativados (premissa implícita). O nosso modelo para explicar funcionamento da máquina de refrigerante considera a presença de sistemas (premissa explícita). Isso implica que seus sistemas não voltarão a funcionar no mesmo instante quando máquina for ligada na tomada (premissa explícita). Portanto, nosso modelo é capaz de explicar a observação 2 (conclusão implícita).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDper expressou novas razões para dar suporte ao modelo (CC.4).

6 - Isa: *Pois o processo de refrigeração ainda vai ligar, vai passar energia por todos os fios.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDper.

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** expressou uma razão para dar suporte ao enunciado do movimento anterior. Esse movimento e o anterior: um mesmo argumento (RSD.3).

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDper é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um

tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s), pois o movimento exibiu contribuições para atingir o objetivo do diálogo; R.3 - premissas e conclusão facilmente reconstruídas e aceitáveis: Sistemas não voltam a funcionar no mesmo instante que forem ativados (premissa implícita). O nosso modelo para explicar funcionamento da máquina de refrigerante considera a presença de sistemas (premissa expressa em movimento anterior). Isso implica que seus sistemas não voltarão a funcionar no mesmo instante quando máquina for ligada na tomada (premissa expressa em movimento anterior), pois o processo de refrigeração ainda vai ligar, vai passar energia por todos os fios (premissa explícita). Portanto, nosso modelo é capaz de explicar a observação 2 (conclusão implícita).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDper expressou uma nova razão para dar suporte ao modelo (CC.4).

7 - PQ1: *Por que seu modelo não é capaz de explicar a observação 1? Me convença* {Questão da atividade (pesquisadora)}.

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDper. Estudantes afirmaram que o modelo que propuseram não era capaz de explicar a observação 1 e a atividade/pesquisadora solicitou que elas defendessem sua posição.

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** A questão da atividade solicitou razões que justifiquem por que o modelo do grupo não era capaz de explicar a observação 1 (A).

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDper é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s), pois o movimento exibiu contribuições para atingir o objetivo do diálogo.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDper expressou um novo questionamento, que pode contribuir para a construção da ideia (CC.4).

8 - Nina: *Pois ela não funciona desligada da tomada. A refrigeração, por exemplo, não funcionará.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDper.

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** expressou razões para sustentar a ideia de que o modelo não era capaz de explicar a observação 1 (RSD.3). No entanto, as premissas expressas e implícitas forneceram suporte à ideia de que o modelo era capaz de explicar a observação 1.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDper é parcialmente relevante (PR). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s), pois o movimento exibiu contribuições para atingir o objetivo do diálogo; atende parcialmente o critério R.3 - a(s) premissa(s), proposição(es), conclusão(es), ou parte(s) de sentença(s) implícitas podem ser facilmente reconstruídas, mas não podem ser consideradas aceitáveis: as premissas forneceram suporte à ideia contrária e isso foi percebido pela estudante no movimento posterior. O modelo considera a presença de tomada na máquina (premissa implícita). A máquina não funciona desligada da tomada (premissa explícita). A máquina possui sistemas (premissa implícita). A refrigeração é um dos sistemas da máquina (premissa explícita). Logo, os sistemas da máquina, como a refrigeração, não funcionarão quando a máquina estiver desligada da tomada (conclusão específica explícita). Portanto, o nosso modelo não é capaz de explicar a observação 1 (conclusão implícita).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** Apesar de o movimento expressar uma nova razão, esta não contribuiu para a

construção do conhecimento, pois as premissas expressas e implícitas forneceram suporte à ideia de que o modelo seria capaz de explicar a observação 1 (NCC).

9 - Isa: (1) *Na verdade, então, o nosso modelo é capaz de explicar.* (2) *É como se o sistema da máquina tivesse travado quando desligada e por isso ela não funciona.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação das naturezas das movimentações dialógicas:** (1) Movimento Meta-Dialógico de esclarecimento de movimento (MMDemo) e (2) MDper.

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** expressou uma razão, a mesma do movimento anterior, para dar suporte à ideia de que o modelo seria capaz de explicar a observação 1. Porém, a estudante a relacionou de forma diferente (RSD.3). Além disso, esse argumento refutou a conclusão de Isa, turno de fala número 3 desta situação argumentativa ('Portanto, teremos que fazer um novo modelo') (A).

**Nível 5: Relevância das movimentações dialógicas:** MMDemo é sempre relevante, pois esclarecem o significado do objetivo de outros movimentos, evitando incoerências de tópico, significado ou pragmática (R.1 e R.2). MDper é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s), pois o movimento exibiu contribuições para atingir o objetivo do diálogo.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas:** MMDemo exibiu contribuições para a construção do conhecimento, pois expressou a correção do significado do objetivo do movimento anterior. Em outras palavras, no movimento anterior, a razão apresentada refutava a conclusão de que o modelo era capaz de explicar a observação, porém, nesse movimento, ao corrigir seu significado, a razão forneceu suporte à conclusão (CC.9). MDper exibiu contribuições para a construção do conhecimento, pois expressou um novo relacionamento (CC.4).

10 - Aline: *E também porque máquina é um computador e não estará processando para poder pegar o dinheiro do cliente. O máximo que vai acontecer é a moeda ficar presa na*

*máquina e o cliente perder o dinheiro, pois a máquina não estará com 'cérebro' para dar o produto para cliente e nem para devolver o dinheiro do cliente. Se o cliente quisesse o dinheiro de volta, ele teria que esperar a máquina ser ligada na tomada e seus sistemas reativados para ver se a máquina reconheceria a moeda e talvez devolveria o dinheiro do cliente para que este iniciasse uma nova operação.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MDper.

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** expressou razões para o argumento do movimento anterior. Portanto, trata-se de um único argumento esse movimento e os anteriores (RSD.3).

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** MDper é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s), pois o movimento exibiu contribuições para atingir o objetivo do diálogo; R.3 - premissas e conclusão facilmente reconstruídas e aceitáveis: O modelo considera a presença de tomada na máquina (premissa expressa em movimento anterior). Isso significa que se a máquina estiver desligada, ela não funcionará (premissa expressa em movimento anterior), pois como ela é um computador (premissa explícita), seus sistemas não funcionarão (premissa implícita). Se os sistemas não funcionam quando a máquina está desligada, as operações de receber e reconhecer o dinheiro do cliente, dar o troco para o cliente e seu produto, que estão associadas aos sistemas, também param de funcionar. Isso significa que se o cliente utilizar a máquina desligada, então ele poderá perder o seu dinheiro (parte explícita). Portanto, nosso modelo é capaz de explicar a observação 1 (conclusão implícita).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** MDper expressou novas razões para sustentar por que o modelo seria capaz de explicar a observação 1 (CC. 4).

11 - Gisele: (1) *Na situação 2, a máquina fica duas horas desligada. Isso vai fazer com que o refrigerante fique quente. Assim, quando a máquina for ligada, o refrigerante não estará gelado, e conseqüentemente não poderá ser servido.* (2) *Então, nosso modelo não atende a observação 2.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação das naturezas das movimentações dialógicas:** (1) MDper. Gisele forneceu razões para sustentar por que o modelo não era capaz de explicar a observação 2 (conflito de ideias). (2) MDinv. A estudante analisou a validade do modelo considerando um dos dados fornecidos pela atividade e conhecimentos prévios.

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** expressou razões para refutar o argumento que forneceu suporte à conclusão de que modelo do grupo era capaz de explicar a observação 2. Esse argumento foi construído a partir das falas número 5 e 6, expressas pelas estudantes Luana e Isa (A, RSD.3).

**Nível 5: Relevância das movimentações dialógicas:** MDinv é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s). MDper é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s), pois o movimento exibiu contribuições para atingir o objetivo do diálogo.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas:** MDinv evidenciou a avaliação da limitação do modelo considerando um dos dados fornecidos pela atividade e os conhecimentos prévios (CC.5). MDper expressou novas razões para sustentar por que o modelo do grupo não era capaz de explicar a observação 2 (CC.4).

12 - Luana: (1) *O nosso modelo atende a observação 2 sim, (2) porque a observação 2 diz do refrigerante ser servido, e não de ele estar necessariamente gelado para ser servido.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação das naturezas das movimentações dialógicas:** (1) MDinv. Luana analisou a validade do modelo considerando um dos dados fornecidos pela atividade. (2) MDper. A estudante expressou um argumento para dar suporte à ideia de que o modelo do grupo seria capaz de explicar a observação 2 (conflito de ideias).

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** expressou razões para refutar a premissa: 'o refrigerante precisa estar gelado para ser servido' e dar suporte ao modelo (A, RSD.3).

**Nível 5: Relevância das movimentações dialógicas:** MDinv é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s). MDper é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s), pois o movimento exibiu contribuições para atingir o objetivo do diálogo; R.3 - conclusão facilmente reconstruída e aceitável: A observação 2 diz que o refrigerante deve ser servido (premissa explícita). A observação 2 não diz que o refrigerante deve estar necessariamente gelado para ser servido (premissa implícita). Logo, o refrigerante não precisa estar necessariamente gelado para ser servido (conclusão implícita). Portanto, nosso modelo atende a observação 2 (conclusão explícita).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas:** MDinv evidenciou a avaliação do modelo considerando um dos dados fornecidos pela atividade, mas que não foi mencionado em movimentos anteriores (CC.5). MDper expressou novo argumento (CC.4).

13 - Algumas estudantes: *Sim!*

### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MMDcon.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** Esse tipo movimento é sempre relevante, pois evidencia que os sujeitos compartilham uma mesma ideia, evitando incoerências de tópico, significado ou pragmática.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** CC.6, pois as estudantes passaram a discutir a partir da ideia consensual. Isso pode contribuir para a construção do conhecimento.

14 - Érica: (1) *É capaz de explicar a observação 2, (2) pois o tempo que a máquina gasta para ser ligada, ela já refrigeraria os refrigerantes.*

### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação das naturezas das movimentações dialógicas:** (1) MDinv. Érica analisou a validade o modelo a partir de conhecimentos prévios. (2) MDper. A estudante expressou um argumento para dar suporte à ideia de que o modelo do grupo seria capaz de explicar a observação 2 (conflito de ideias).

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** expressou um argumento para dar suporte ao modelo e refutar a premissa: 'Assim, quando a máquina for ligada, o refrigerante não estará gelado' (A, RSD.3).

**Nível 5: Relevância das movimentações dialógicas:** MDinv é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s). MDper é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s), pois o movimento exibiu contribuições para atingir o objetivo do diálogo; R.3 - premissas facilmente reconstruídas e aceitáveis: A máquina demora um certo tempo para ser ligada e refrigerar os refrigerantes (premissa expressa em movimento

anterior). O tempo gasto para ligar a máquina será o mesmo para refrigerar os refrigerantes (premissa explícita). Logo, o refrigerante estará gelado quando for servido (premissa implícita). Portanto, nosso modelo atende a observação 2 (conclusão explícita).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas:** MDinv evidenciou a avaliação do modelo analisando um dos dados fornecidos pela atividade (CC.5). MDper expressou novo argumento (CC.4).

15 - Aline: (1) *Mas máquina fica desligada por duas horas, mesmo que ela leve um tempo de 5 a 10 minutos para terminar de processar todos os serviços para voltar a servir o refrigerante, não será um tempo suficiente para fazer com que todos os refrigerantes fiquem gelados novamente.* (2) *Portanto, nosso modelo não atende a observação 2.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação das naturezas das movimentações dialógicas:** (1) MDper. Aline expressou um argumento para dar suporte à ideia de que o modelo do grupo não seria capaz de explicar a observação 2 (conflito de ideias). (2) MDinv. A estudante analisou a validade o modelo a partir dos dados fornecidos pela atividade e de conhecimentos prévios.

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** expressou um argumento para refutar a premissa: 'O tempo gasto para ligar a máquina será o mesmo para refrigerar os refrigerantes' e dar suporte ao que Gisele falou (turno de fala 11). Argumento 2 fornece suporte ao Argumento 1 (RSD.2).

**Nível 5: Relevância das movimentações dialógicas:** MDper é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s), pois o movimento exibiu contribuições para atingir o objetivo do diálogo; R.3 - conclusão facilmente reconstruída e aceitável: Na situação 2 a máquina fica duas horas desligada. Isso vai fazer com que o refrigerante fique quente. Assim, quando a máquina for ligada, o refrigerante não estará gelado, e conseqüentemente não poderá ser servido (argumento 1), pois mesmo que a máquina leve um tempo de 5 a

10 minutos para terminar de processar todos os serviços para voltar a servir o refrigerante, não será um tempo suficiente para fazer com que todos os refrigerantes fiquem gelados novamente. Logo, o processo de refrigerar o refrigerante demora um tempo maior do que o processo de ligar a máquina (conclusão implícita do argumento 2). Portanto, nosso modelo não atende a observação 2 (argumento 1). MDinv é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas:** MDinv evidenciou a avaliação do modelo analisando um dos dados fornecidos pela atividade (CC.5). MDper expressou novo argumento (CC.4).

16 - Érica: *É mesmo!*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MMDcon.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** Esse tipo movimento é sempre relevante, pois evidencia que os sujeitos compartilham uma mesma ideia, evitando incoerências de tópico, significado ou pragmática.

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** CC.6, pois as estudantes passaram a discutir a partir da ideia consensual. Isso pode contribuir para a construção do conhecimento.

17- Gisele: (1) *Por isso precisamos de acrescentar um gerador em nosso modelo, (2) visto que vai manter os refrigerantes gelados enquanto a máquina estiver desligada.*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação das naturezas das movimentações dialógicas:** (1) MDdel. Gisele propôs uma solução para que o modelo seja capaz também de explicar a observação 2. (2) MDper. A estudante expressou razões para dar suporte a solução.

**Nível 4: Caracterização da estrutura da argumentação de MDper:** expressou razões para sustentar o acréscimo de um gerador no modelo (apenas um argumento – premissas se complementam para fornecer suporte à conclusão – RSD.3). Há relação entre esse argumento e o do movimento anterior, visto que uma premissa foi utilizada para produzir dois argumentos (RSI.1).

**Nível 5: Relevância das movimentações dialógicas:** MDdel é relevante. R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s), pois o movimento exibiu contribuições para atingir o objetivo do diálogo. MDper é relevante (R). R.1 - coerência de tópico: funcionalidade do modelo em relação ao refrigerante ser servido é um tópico do tema da(o) discussão/diálogo funcionamento de uma máquina de refrigerante; R.2 - coerência pragmática com objetivo principal do diálogo: Investigar/testar a validade do modelo a partir de evidência(s), pois o movimento exibiu contribuições para atingir o objetivo do diálogo; R.3 - premissas facilmente reconstruídas e aceitáveis: Como o processo para refrigerar o refrigerante demora um tempo maior do que o processo para ligar a máquina (premissa expressa em movimento anterior), então precisamos acrescentamos um gerador em nosso modelo (conclusão explícita), pois assim os refrigerantes permanecerão gelados enquanto a máquina estiver desligada (premissa explícita). Isso fará que o nosso modelo atenda a observação 2 (premissa implícita).

**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas:** MDdel expressou uma nova solução (CC.2). MDper expressou um novo argumento (CC.4).

18 - Estudantes: *Sim!*

#### Níveis de análise

**Nível 3: Identificação da natureza da movimentação dialógica:** MMDcon.

**Nível 5: Relevância da movimentação dialógica:** Esse tipo movimento é sempre relevante, pois evidencia que os sujeitos compartilham uma mesma ideia, evitando incoerências de tópico, significado ou pragmática.

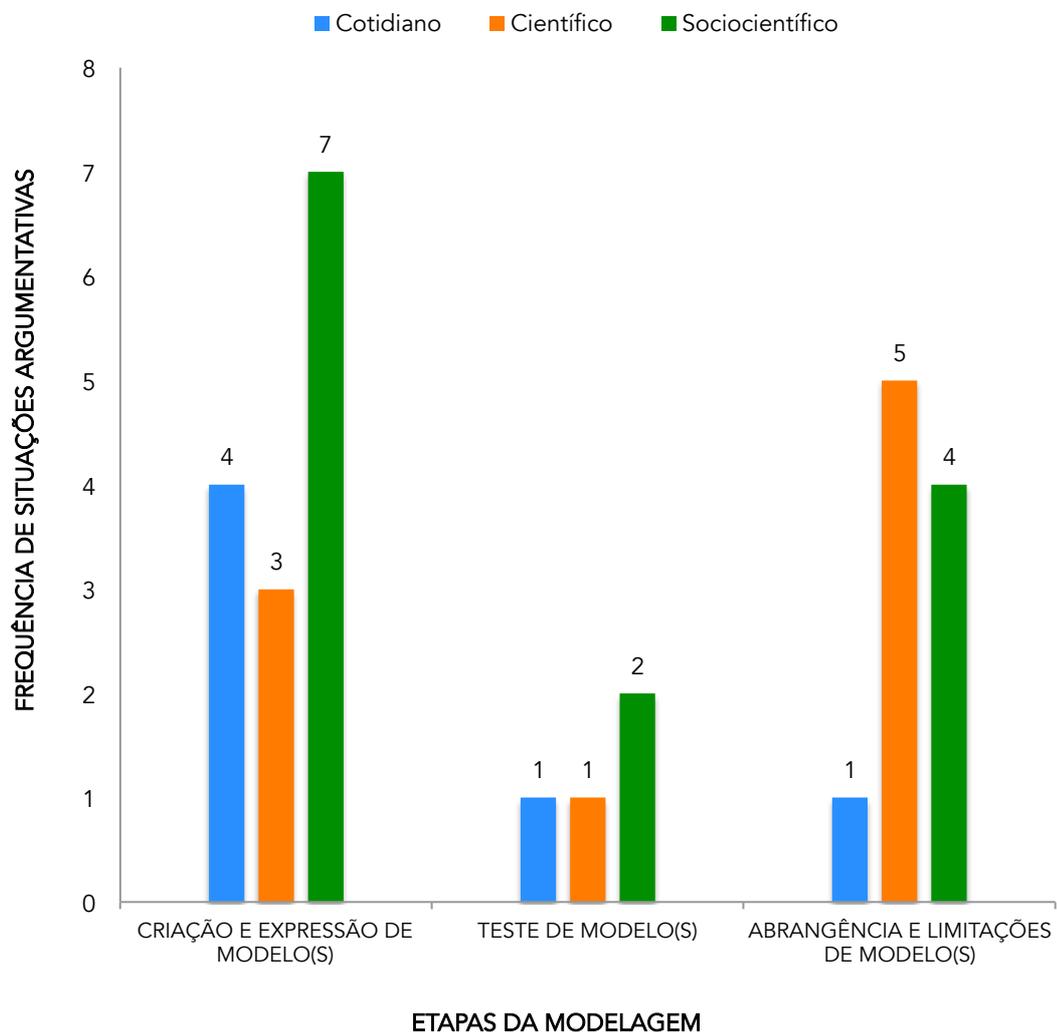
**Nível 6: Contribuição para a construção do conhecimento na movimentação dialógica:** CC.6, pois as estudantes passaram a discutir a partir da ideia consensual. Isso pode contribuir para a construção do conhecimento.

### **6.2.2 Discussão dos resultados**

Neste subtópico, apresentamos a discussão dos resultados evidenciados a partir do estudo de caso. Para subsidiar discussões específicas relacionadas às questões de pesquisa deste estudo, também produzimos gráficos.

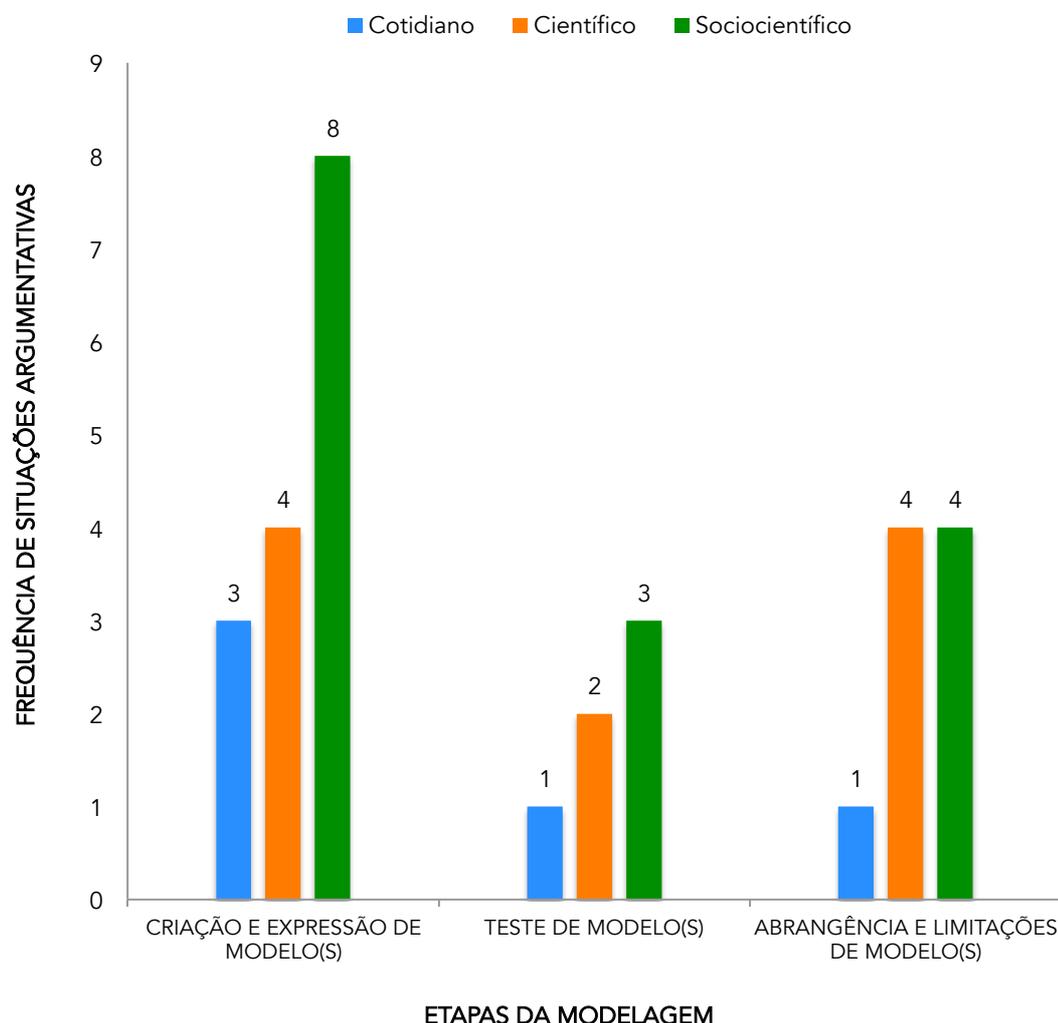
Nos gráficos 6.1 e 6.2, apresentamos as frequências de situações argumentativas ocorridas em G3 e G6 ao longo das situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano (representada pelo preenchimento sólido de cor azul), científico (representada pelo preenchimento sólido de cor laranja) e sociocientífico (representada pelo preenchimento sólido de cor verde). Tais padrões foram utilizados para construir todos os gráficos relacionados aos estudantes.

**Gráfico 6.1.** Frequência de situações argumentativas nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 3.



Fonte: Autoria nossa.

**Gráfico 6.2.** Frequência de situações argumentativas nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 6.



Fonte: Autoria nossa.

Nos gráficos 6.1 e 6.2, podemos observar que todas as situações de ensino fundamentado em modelagem contribuíram para que as estudantes de G3 e G6 se engajassem em situações argumentativas. Isso era esperado uma vez que os trabalhos que investigaram as relações entre argumentação e modelagem (Pasmore e Svoboda, 2012; Mendonça e Justi, 2013; Puig *et al.*, 2017) constataram a ocorrência de situações argumentativas em todas as etapas da modelagem.

Notamos também, a partir destes gráficos, que a frequência de situações argumentativas foi maior nas etapas de criação e expressão de modelo(s)<sup>57</sup>, considerando a

<sup>57</sup> Não foi possível separar a etapa de criação do modelo da de expressão pois, como a criação do modelo ocorre na mente do indivíduo, ela é inacessível ao outro. Este apenas tem acesso ao modelo expresso, que não exhibe todos os aspectos do modelo produzido mentalmente.

somatória das situações nos contextos investigados em ambos os grupos (14 situações vivenciadas pelas estudantes de G3 e 15 situações pelas estudantes de G6). A nosso ver, isso pode ter ocorrido em virtude de nessas etapas os grupos terem vivenciado algumas subetapas para serem capazes de criar e expressar o modelo. Ou seja, eles tiveram que: (i) compreender para quais objetivos o modelo seria construído; (ii) obter informações sobre a entidade a ser modelada; e (iii) selecionar os modos de representação para expressar o seu modelo. Isso pode ter contribuído para que eles se engajassem em várias situações argumentativas. Por outro lado, na etapa de teste do modelo, como os modelos propostos pelas integrantes de G3 e G6 não foram rejeitados, mas sim, reformulados de forma a atingir seu objetivo inicial, isso pode ter contribuído para que não houvesse frequência alta de situações argumentativas (4 situações vivenciadas pelas estudantes de G3 e 6 situações pelas estudantes de G6) durante a mesma nos contextos investigados.

No que diz respeito à etapa de avaliação de modelos, as estudantes de G3 e G6 se engajaram em menos situações argumentativas (10 e 9 situações, respectivamente) do que nas etapas de criação e expressão do modelo (14 e 15 situações, respectivamente). Isso pode ter ocorrido em função de nas etapas de criação e expressão do modelo, os grupos terem que elaborar um modelo para explicar uma situação que era nova para eles. Por outro lado, na etapa de avaliação, apesar de ela envolver uma situação diferente daquela para a qual o modelo foi elaborado, os grupos não tiveram que elaborar um novo modelo, mas sim, utilizá-lo para avaliar o que ele dava ou não conta de explicar.

Ao comparar as frequências de situações argumentativas vivenciadas pelas estudantes de G3 e G6 nas etapas de teste e avaliação, observamos uma frequência maior na etapa de avaliação (10 e 9 situações, respectivamente). Isso pode ter ocorrido em virtude de nessa etapa os grupos terem que avaliar o modelo em outra situação, diferente daquela para a qual ele foi elaborado. Por ser uma nova situação, isso pode ter contribuído para que as estudantes se engajassem em mais situações argumentativas do que quando estavam testando o modelo. Durante a etapa de teste, a situação associada à elaboração do modelo já estava sendo discutida desde as etapas de criação e expressão do modelo. Portanto, já não era uma situação nova.

Ademais, o fato de os modelos propostos pelas estudantes de G3 e G6 terem sido apenas reformulados em função da discussão ao longo das etapas de criação e expressão do

modelo pode ter contribuído também para que as frequências de situações argumentativas vivenciadas pelos grupos fossem menores do que as vivenciadas por eles durante a etapa de avaliação do modelo.

Outro aspecto que constatamos a partir dos gráficos 6.1 e 6.2 é a influência da natureza dos contextos investigados nas frequências de situações argumentativas. As estudantes de G3 e G6 se engajaram em, respectivamente, 13 e 15 situações argumentativas ao longo da situação de ensino fundamentado em modelagem em contexto sociocientífico. Por outro lado, nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano e científico, as estudantes de G3 e G6 se engajaram, respectivamente, em 6 e 5 situações argumentativas no contexto cotidiano, e em 9 e 10 situações argumentativas no contexto científico. Avaliamos que isto pode ter acontecido em função do contexto sociocientífico possibilitar a discussão de tópicos distintos associados à temática Plásticos. Este tema favoreceu o engajamento dos grupos em discussões que envolveram diferentes tópicos, os quais estavam relacionados a aspectos sociais, econômicos, políticos, ambientais e científicos. O mesmo não foi observado nos outros contextos investigados, como pode ser evidenciado no estudo de caso. Na situação que envolvia o contexto cotidiano, as estudantes de ambos os grupos discutiram tópicos associados principalmente a aspectos sociais e econômicos, enquanto na que envolvia contexto científico, elas se engajaram em discussões de tópicos relacionados a apenas aspectos científicos.

Além disto, ao contrapor as frequências de situações argumentativas nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos científico e cotidiano, notamos uma frequência maior na de contexto científico em ambos os grupos. A nosso ver, a complexidade envolvida em cada um desses contextos pode ter contribuído para esse resultado. No contexto cotidiano, os estudantes dos grupos podiam utilizar conhecimentos sociais que faziam parte de sua cultura e dia-a-dia para solucionar o problema discutido (explicar o funcionamento de uma máquina de vender latas de refrigerante). Por outro lado, para solucionar o problema de natureza científica, as integrantes de ambos os grupos tiveram que utilizar conhecimentos científicos que geralmente não faziam parte de sua cultura para explicar os comportamentos distintos dos plásticos.

O fato de a ciência estudada ter sido a Química também pode ter contribuído para que esta complexidade aumentasse. Isso porque ela é constituída de conceitos abstratos que não são familiares para os estudantes. Assim, muitas ideias deles tendem a estar em conflito com explicações cientificamente aceitas. Para que os estudantes sejam capazes de compreendê-las, eles devem ser capazes de entender também os níveis de abordagem do conhecimento químico propostos por Johnstone (1982):

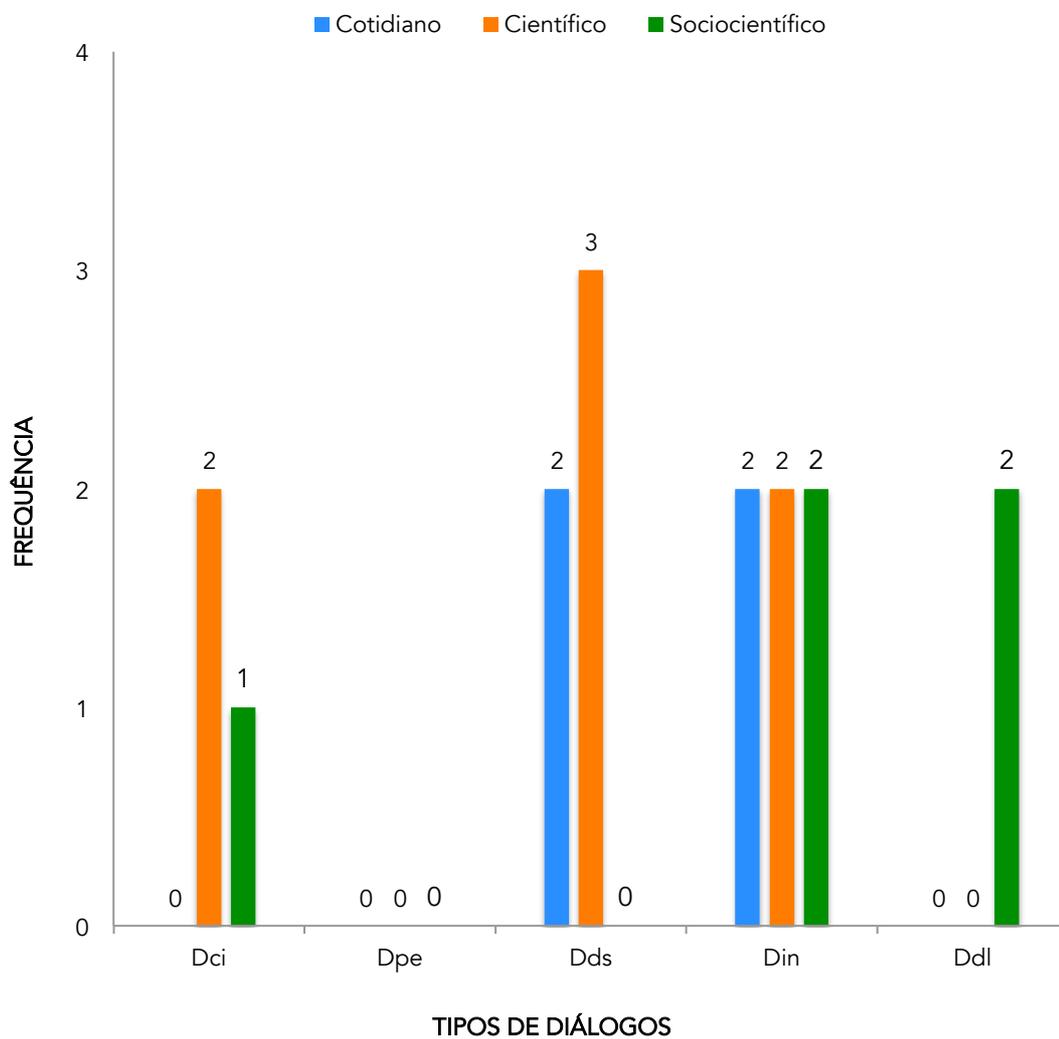
- i. macroscópico, que se refere aos materiais e processos que podemos ver e/ou tocar. Neste nível, os materiais e processos podem ser descritos em termos de suas propriedades;
- ii. submicroscópico, que compreende as partículas constituintes dos materiais; e
- iii. representacional, ou simbólico, que é constituído pela sofisticada linguagem Química em termos de representações esquemáticas, símbolos, fórmulas e equações.

No entanto, os estudantes têm bastante dificuldade para compreendê-los, principalmente os níveis submicroscópico e representacional, pois estes se referem a entidades invisíveis e abstratas, enquanto o pensamento dos estudantes se apoia em informações sensoriais (Ben-Zvi *et al.*, 1987). Eles também possuem dificuldade para estabelecer relações apropriadas entre o nível macroscópico e o submicroscópico (por exemplo, é comum os estudantes dizerem que os átomos do enxofre são amarelos, pois essa substância química possui cor amarela) (Pozo, 2001), assim como para transladar de uma dada representação química para outra (por exemplo, entre a fórmula e o modelo bola-e-vareta) (Wu *et al.*, 2001). Por exemplo, no diálogo presente na situação argumentativa 8.1 expresso pelas estudantes de G3 durante a modelagem em contexto científico, observamos a dificuldade delas em estabelecer relações apropriadas entre o nível macroscópico e o submicroscópico. Em tal diálogo, as estudantes afirmaram que a sacola desintegrou, pois ela diminuiu de tamanho quando aquecida indiretamente na chama. Por outro lado, no diálogo presente na situação argumentativa 7.2 expresso pelas estudantes de G6 durante a mesma modelagem, notamos também a dificuldade delas em transladar de um modelo verbal para um concreto para explicar o comportamento da sacola quando aquecida indiretamente na chama.

Assim, a complexidade desta ciência pode ter contribuído para que as estudantes de ambos os grupos se engajassem em várias situações argumentativas visando compreender os conceitos químicos envolvidos nas atividades e utilizá-los para explicar os comportamentos distintos dos plásticos analisados.

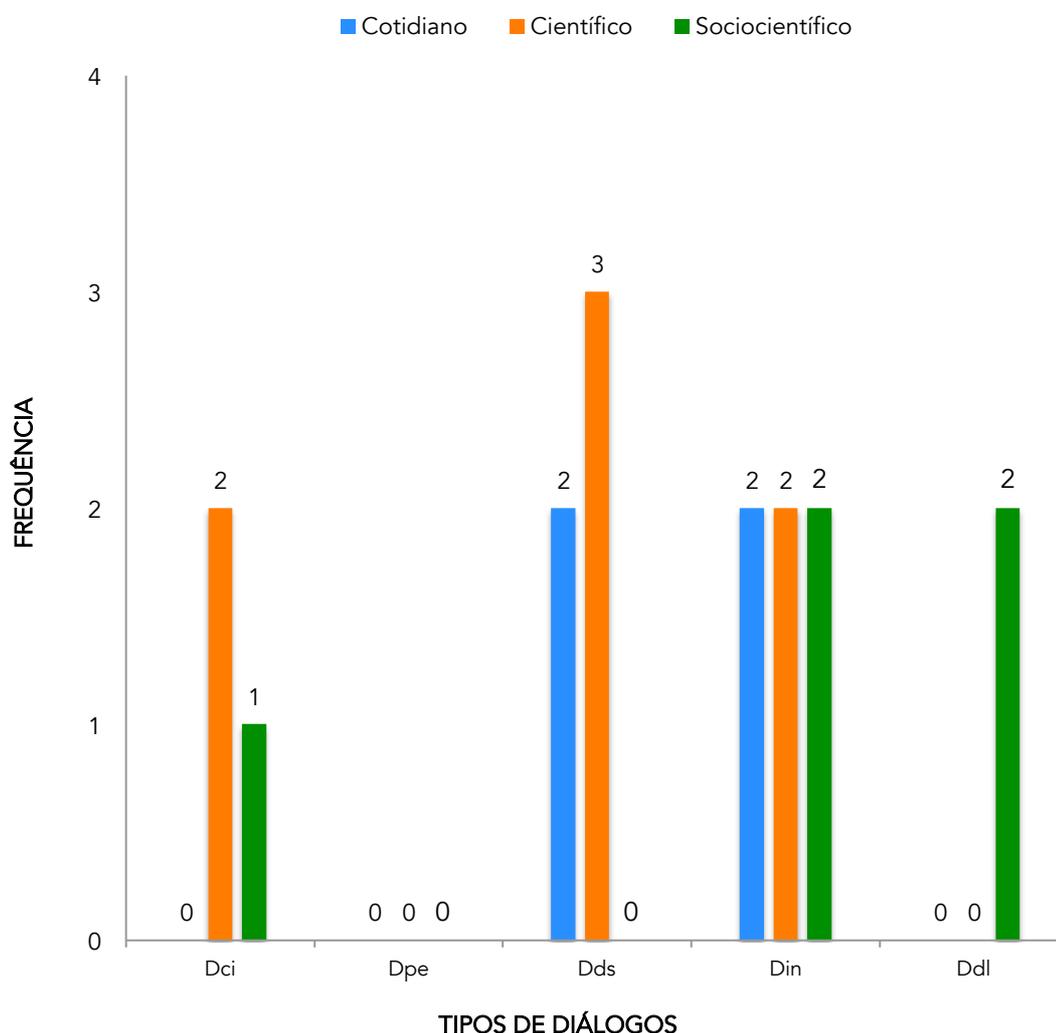
Comparando as quantidades totais de situações argumentativas que os grupos vivenciaram em cada contexto a partir dos gráficos 6.1 e 6.2, constatamos que as estudantes de G6 vivenciaram mais situações argumentativas nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos científico (10 situações) e sociocientífico (15 situações) do que G3 (9 e 13 situações, respectivamente). Por outro lado, as estudantes de G3 vivenciaram mais situações argumentativas na situação de ensino fundamentado em modelagem em contexto cotidiano (6 situações) do que as de G6 (5 situações). Julgamos que as diferenças entre as quantidades de situações argumentativas de cada grupo em cada contexto são pequenas, mas para que possamos entender mais profundamente as relações entre argumentação, modelagem e os contextos investigados, é preciso caracterizar os diálogos nos quais os grupos se engajaram durante cada situação de ensino (gráficos 6.3 e 6.4).

**Gráfico 6.3.** Frequência de tipos de diálogos nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 3.



Fonte: Autoria nossa.

**Gráfico 6.4.** Frequência de tipos de diálogos nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 6.



Fonte: Autoria nossa.

A partir dos gráficos 6.3 e 6.4, notamos a ocorrência do *diálogo de investigação* (Din) em todos os contextos e grupos. Isso pode indicar que a modelagem favorece esse tipo de diálogo por ser uma atividade investigativa.

Em tais gráficos, observamos também a mesma frequência de Din nos contextos investigados de ambos os grupos. Avaliamos que isto está associado às etapas de teste e avaliação de modelo(s), uma vez que elas favorecem a investigação da validade do modelo a partir de evidência(s) na situação em que ele foi criado e em uma nova situação, respectivamente.

Outro aspecto que notamos a partir dos gráficos 6.3 e 6.4 é a ocorrência ou não dos *diálogos de deliberação* (Ddl), *descoberta* (Dds) e *compartilhamento de informação* (Dcin)

nos grupos investigados. A nosso ver, essa diferença pode estar relacionada ao contexto de cada situação de ensino.

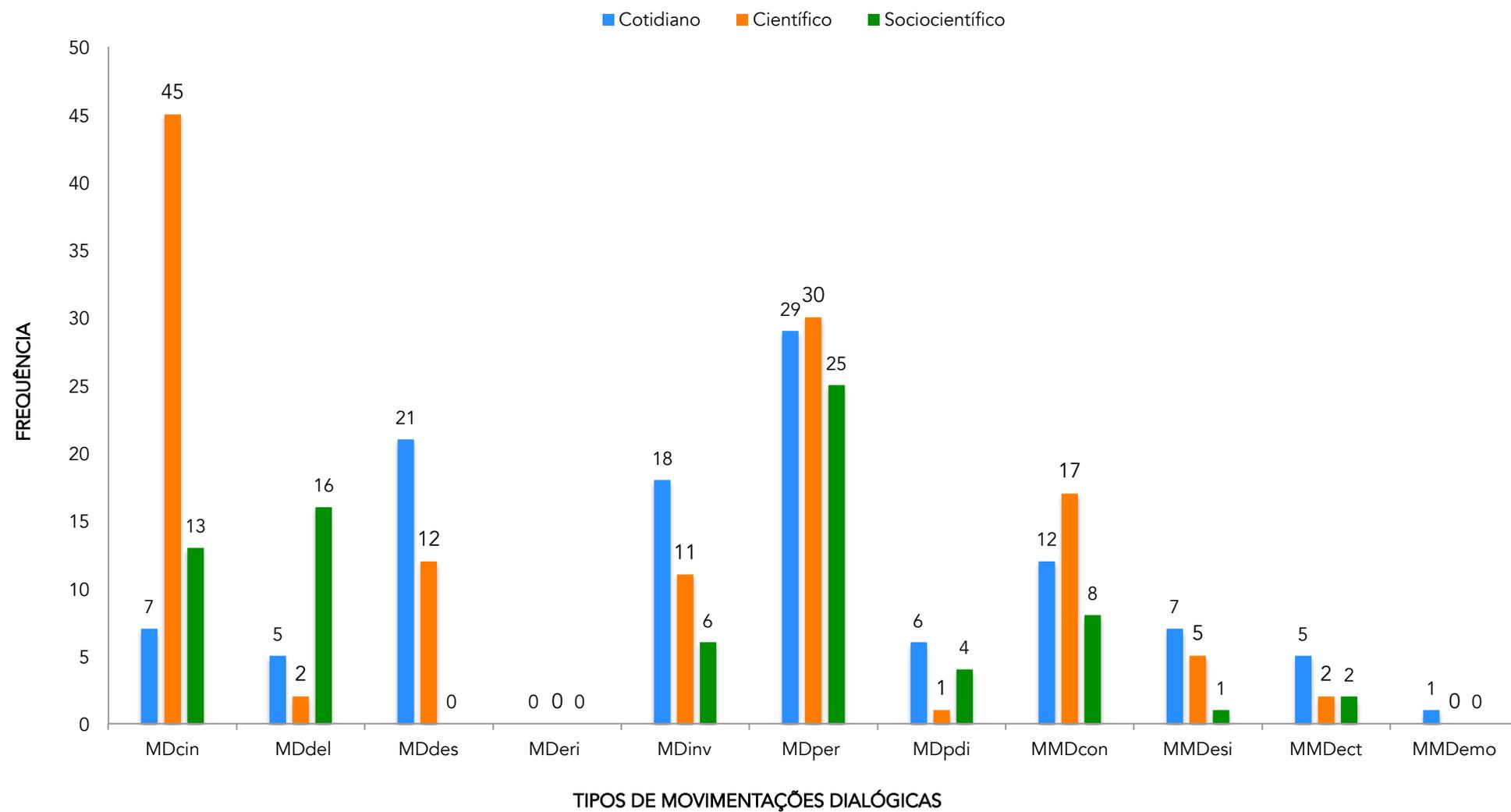
A situação de ensino em contexto sociocientífico favoreceu o Ddl e não o Dds, pois os grupos tiveram que elaborar um modelo para tentar solucionar o problema de acúmulo de plásticos e não uma explicação para o problema em questão.

Por outro lado, a situação de ensino em contexto cotidiano favoreceu o Dds e não o Dcin, uma vez que os grupos tiveram que elaborar um modelo para explicar o funcionamento de uma máquina de vender refrigerantes. Como este era um contexto conhecido, as integrantes de ambos os grupos não tiveram que prever o que aconteceria com o funcionamento de uma máquina de vender refrigerantes em determinadas situações antes de criar o modelo, assim como não tiveram que obter informações adicionais antes de criar, testar ou avaliar os modelos – aspecto que contribuiria para que se engajassem em um Dcin, como aconteceu nas demais situações de ensino. Devemos destacar que a não ocorrência de Dcin na situação de ensino em contexto cotidiano não significa que os grupos não compartilharam informações durante a mesma, mas sim, que os objetivos dos diálogos em que se engajaram não era este.

A situação de ensino em contexto científico favoreceu a ocorrência de Dcin e Dds e não o Ddl, uma vez que os grupos tiveram que elaborar um modelo para explicar os comportamentos distintos dos plásticos. Para isso, inicialmente eles tiveram que prever o que aconteceria com determinados plásticos ao tentar dobrá-los e aquecê-los direta e indiretamente na chama.

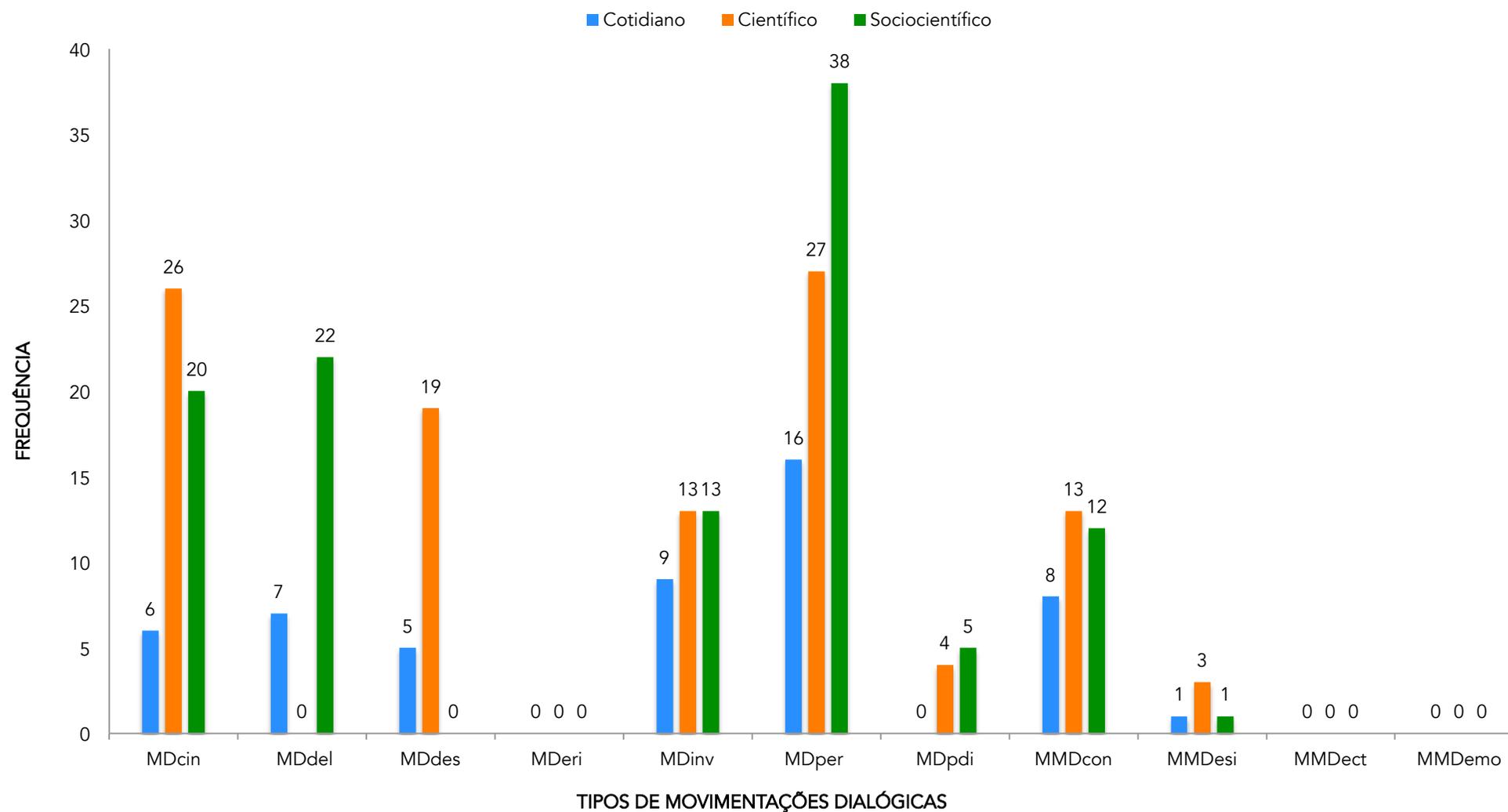
Por fim, a partir dos gráficos 6.3 e 6.4, constatamos a não ocorrência do *diálogo persuasivo* (Dper) em todas as situações de ensino e grupos. Isso pode ter ocorrido em virtude de a natureza desse tipo de atividade ser investigativa. Portanto, o seu objetivo principal não é o de resolver um conflito de ideais. Isso não significa que a modelagem não contribuiu para que os grupos se engajassem em *Movimentos Dialógicos* que favorecessem a resolução de conflito de ideias. Nos gráficos 6.5 e 6.6, por exemplo, apresentamos a frequência desse tipo de movimento dialógico nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas por cada um dos grupos.

**Gráfico 6.5.** Frequência de tipos de movimentos dialógicos nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 3.



Fonte: Autoria nossa.

**Gráfico 6.6.** Frequência de tipos de movimentos dialógicos nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 6.



Fonte: Autoria nossa.

A partir dos gráficos 6.5 e 6.6, notamos que tanto as estudantes de G3 quanto as de G6 expressaram os *Movimentos Dialógicos de compartilhamento de informação* (MDcin), *investigação* (MDinv), *persuasivo* (MDper) e os *Movimentos Meta-Dialógicos de consenso* (MMDcon) e *esclarecimento de significados* (MMDesi) em todos os contextos. Isso pode indicar que situações de ensino fundamentado em modelagem contribuem para que os estudantes compartilhem informações, analisem a validade de hipótese(s) a partir de evidências, explorem cada ideia ou solução proposta com profundidade, isto é, avaliando os seus pontos fortes e fracos a partir de argumentos, razões e questionamentos, expressem se estão de acordo com a ideia de outro colega visando deixar claro que ambos compartilham a mesma ideia e esclareçam o significado de uma ideia em discussão.

A ocorrência do MDcin pode estar associada ao fato de que para criar, expressar, testar e avaliar modelos, os grupos precisaram obter e fornecer informações. Por exemplo, na etapa de criação do modelo, Gilbert e Justi (2016) mencionam que é necessário que o sujeito obtenha informações sobre a entidade a ser modelada, seja por meio de fontes externas (como pesquisas, experimentos empíricos, informações fornecidas por outra pessoa) seja a partir de fontes internas (como as ideias prévias de quem está participando do processo), ou ainda de ambas as fontes, para que seja capaz de criar o modelo. Mas o compartilhamento de informações não se restringe apenas a esta etapa, pois segundo os mesmos autores, a modelagem é um processo cíclico e dinâmico. Assim, nas etapas de expressão, testes e avaliação, os sujeitos podem compartilhar informações visando selecionar os modos de representação para expressar o seu modelo, verificar a adequação do modelo aos objetivos para os quais o mesmo foi elaborado e avaliar a abrangência e as limitações do modelo elaborado.

Já esperávamos que grupos expressassem o MDinv, pois, como mencionamos anteriormente, a modelagem é uma atividade investigativa. Portanto, seria inesperado se eles não buscassem investigar a validade de hipótese(s) a partir de evidências ou solicitassem que isto seja feito.

A ocorrência do MDper está relacionada ao fato de que um dos processos cognitivos inerentes ao referencial de modelagem adotado neste estudo para estruturar as atividades é a argumentação. De acordo com Gilbert e Justi (2016), a adequada justificação

das afirmativas é essencial para que o significado seja atribuído aos modelos e para persuadir os colegas sobre sua utilidade e validade. Nesse sentido, na etapa criação do modelo, a argumentação se fez presente, por exemplo, durante as análises das informações a serem selecionadas para criar e expressar os modelos para explicar o funcionamento da máquina de vender refrigerante (situações argumentativas 1.1, 1.2, 1.3 e 1.4 que as estudantes de G3 se engajaram e situações argumentativas 1.1, 1.2 e 1.3 que as estudantes de G6 se engajaram), os comportamentos de diferentes tipos de plásticos quando submetidos à tentativa de dobrar e ao aquecimento indireta e diretamente na chama (situações argumentativas 6.1, 7.1 e 7.2 que as estudantes de G3 se engajaram e situações argumentativas 6.1, 7.1, 7.2 e 7.3 que as estudantes de G6 se engajaram), assim como para solucionar o problema de acúmulo de plásticos na sociedade (situações argumentativas 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6 e 10.7 que as estudantes de G3 se engajaram e situações argumentativas 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, 10.7 e 10.8 que as estudantes de G6 se engajaram).

Na etapa de testes, a argumentação se fez presente durante a análise do modelo frente às observações obtidas, as quais se relacionaram ao funcionamento da máquina de vender refrigerante (situação argumentativa 2.1 que as estudantes de G3 se engajaram e situação argumentativa 2.1 que as estudantes de G6 se engajaram), aos comportamentos de diferentes tipos de plásticos (situação argumentativa 8.1 que as estudantes de G3 se engajaram e situações argumentativas 8.1 e 8.2 que as estudantes de G6 se engajaram) e ao processo de reciclagem (situações argumentativas 11.1 e 11.2 que as estudantes de G3 se engajaram e situações argumentativas 11.1, 11.2 e 11.3 que as estudantes de G6 se engajaram).

Por fim, na etapa avaliação, esse processo cognitivo ocorreu durante a avaliação dos modelos em outra situação. Na modelagem em contexto cotidiano, as estudantes de ambos os grupos se engajaram em uma situação argumentativa, 3.1, visando avaliar a abrangência e as limitações do modelo produzido para explicar o funcionamento de um caixa eletrônico. Em relação à modelagem em contexto científico, as estudantes de G3 e G6 engajaram em cinco (9.1, 9.2, 9.3, 9.4 e 9.5) e quatro (9.1, 9.2, 9.3 e 9.4) situações argumentativas, respectivamente para analisar a abrangência e as limitações do modelo

produzido para explicar o comportamento do pneu quando submetido à tentativa de dobrar e ao aquecimento indireta e diretamente na chama. Finalmente, na modelagem em contexto sociocientífico, as estudantes de ambos os grupos se engajaram em quatro situações argumentativas (12.1, 12.2, 12.3 e 12.4) para analisar a abrangência e as limitações do modelo baseado em reciclagem para solucionar o problema de acúmulo de plásticos na sociedade.

Portanto, considerando esses aspectos e os dados sobre as frequências de MDper apresentados nos gráficos 6.5 e 6.6, podemos afirmar que ambos os grupos buscaram convencer os colegas da validade de uma ideia e solicitar que isto fosse feito, assim como procuraram resolver um conflito de ideias visando analisar cada ideia (avaliando os seus pontos fortes e fracos a partir de argumentos, razões e questionamentos) e solicitar que este conflito fosse solucionado ao longo de todas as situações de ensino fundamentado em modelagem.

A ocorrência de MMDcon e MMDesi está associada ao fato de a modelagem possuir objetivos e etapas bem definidos, o que implicou as atividades que os grupos realizaram possuírem também tais aspectos. Isso contribuiu para que os grupos expressassem se estavam de acordo com as ideias dos colegas visando deixar claro que compartilhavam as mesmas ideias, esclarecessem significados de ideias consideradas como certas ou como duvidosas/vagas e solicitassem que essas coisas fossem feitas. Sem ter realizado tais ações, os grupos teriam possivelmente dificuldade de atingir os objetivos das atividades e prosseguir nas etapas da modelagem.

Nos gráficos 6.5 e 6.6, constatamos que os grupos não expressaram o *Movimento Dialógico de erística* (MDeri) em todos os contextos. Isso significa que as estudantes de G3 e G6 não buscaram atacar ou defender os colegas, mas sim, os argumentos que eles produziram. Esse resultado pode indicar que situações de ensino fundamentado em modelagem contribuem para promover discussões nas quais estudantes constroem e avaliam ideias a partir de argumentos.

Nesses gráficos, observamos também uma frequência maior, mas não idêntica, de determinados movimentos dialógicos em ambos os grupos, o que pode estar relacionado ao contexto da situação de ensino fundamentado em modelagem. Por exemplo, o MDcin

foi expresso pelas estudantes de ambos os grupos mais frequentemente no contexto científico do que nos demais contextos. Isso pode ter acontecido em função da complexidade desse tipo de contexto ser maior do que as dos demais, em termos da natureza do conhecimento construído. Como mencionamos anteriormente, no contexto cotidiano, os grupos podiam utilizar conhecimentos sociais, que faziam parte de sua cultura e dia-a-dia para explicar o funcionamento de uma máquina de vender latas de refrigerante. No caso do contexto sociocientífico, os grupos não tiveram que construir conhecimentos científicos, mas apenas aplicá-los junto com conhecimentos de natureza social para solucionar o problema de acúmulo de plásticos na sociedade. Por outro lado, no contexto científico, as integrantes de G3 e G6 tiveram que construir e utilizar apenas conhecimentos científicos para serem capazes de solucionar o problema em discussão. Além disso, a complexidade do contexto científico aumenta em virtude de a ciência estudada ter sido a Química, como abordamos anteriormente.

Avaliamos também que a frequência maior de MDcin no contexto científico do que nos demais contextos pode estar também relacionada ao fato de que nesse tipo de contexto as pesquisadoras e professora tinham clareza de quais conhecimentos os estudantes deveriam construir e aplicar para explicar os comportamentos de diferentes tipos de plásticos. Por outro lado, nos contextos cotidiano e sociocientífico, elas tinham uma compreensão menor sobre os possíveis conhecimentos que os estudantes poderiam construir e utilizar para explicar o funcionamento da máquina de vender refrigerantes e solucionar o problema de acúmulo de plásticos, principalmente no contexto de cotidiano, visto que, neste, os estudantes poderiam construir e utilizar apenas conhecimentos sociais.

O MMDcon também foi expresso mais frequentemente pelas estudantes de ambos os grupos no contexto científico do que nos demais contextos. Isso ocorreu em função da complexidade desse tipo de contexto ser maior do que as dos demais. A nosso ver, a complexidade da natureza do contexto contribuiu para que as integrantes destes grupos expressassem mais vezes esse movimento para que avançassem nessa situação de ensino.

Por outro lado, o MDdel foi mais vezes expresso pelos grupos na situação de ensino fundamentado em modelagem em contexto sociocientífico. Isso ocorreu em virtude de que nesse tipo de contexto os grupos tiveram que se engajar no Ddl para solucionar o

problema em discussão. Para que o objetivo do diálogo fosse atingido, era necessário que eles propusessem solução(es)/ações e selecionassem a solução mais adequada, assim como solicitassem a proposição de solução(es)/ações ou a escolha de uma entre possíveis soluções/ações. Isso também pode explicar por que os grupos não expressaram o MDdes, que evidencia a elaboração e solicitação explicações.

Ao comparar os gráficos 6.5 e 6.6, notamos frequências e tipos de movimentos dialógicos distintos entre os grupos investigados. Por exemplo, as estudantes de G3 expressaram o *Movimento Meta-Dialógico de estabelecimento de contexto* (MMDect) em todos os contextos, mas o mesmo não foi feito pelas estudantes de G6. Em contrapartida, as estudantes deste grupo aumentaram a frequência de MDper ao longo das situações de ensino fundamentado em modelagem, ou seja, expressaram 16, 27 e 38 vezes esse movimento nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico, respectivamente. O mesmo padrão não foi observado em G3, visto que as estudantes deste grupo expressaram 29, 30 e 25 MDper nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico, respectivamente. Esses resultados podem indicar que a maneira como cada grupo conduziu os diálogos e os tópicos abordados nos mesmos podem ter influenciado nas frequências e expressão de movimentos dialógicos distintos entre os grupos investigados.

Discutindo especificamente sobre cada grupo, no gráfico 6.5 observamos que as estudantes de G3 procuraram, com grande frequência durante a situação de ensino fundamentado em modelagem em contexto cotidiano:

- i. propor hipótese(s) associadas à elaboração da(s) explicação(ões) (expressão de 21 MDdes);
- ii. investigar a validade das explicações a partir de evidência(s) (expressão de 18 MDinv);
- iii. convencer o colega da validade de uma ideia e resolver um conflito de ideias visando analisar cada ideia (expressão de 29 MDper); e
- iv. solicitar que essas ações fossem executadas.

Por outro lado, no contexto científico, as integrantes de G3 buscaram frequentemente:

- i. obter e fornecer informações em resposta a uma demanda/questão (expressão de 45 MDcin);
- ii. convencer o colega da validade de uma ideia e solicitar que isto fosse feito, assim como resolver um conflito de ideias visando analisar cada ideia e solicitar que este conflito fosse solucionado (expressão de 30 MDper); e
- iii. expressar o compartilhamento de uma mesma ideia e verificar se isto aconteceu (expressão de 17 MMDcon).

Em relação ao contexto sociocientífico, as estudantes de G3 procuraram frequentemente:

- i. obter e fornecer informações em resposta a uma demanda/questão (expressão de 13 MDcin);
- ii. propor solução(es)/ações e selecionar a solução mais adequada, assim como solicitar que essas ações fossem executadas (expressão de 16 MDper); e
- iii. convencer o colega da validade de uma ideia e solicitar que isto fosse feito, assim como resolver um conflito de ideias visando analisar cada ideia e solicitar que este conflito fosse solucionado (expressão de 25 MDper).

No que diz respeito ao G6, observamos no gráfico 6.6 que as estudantes deste grupo buscaram com grande frequência durante a situação de ensino fundamentado em modelagem em contexto cotidiano:

- i. investigar a validade das explicações a partir de evidência(s) e solicitar que isto fosse feito (expressão de 9 MDinv); e
- ii. convencer o colega da validade de uma ideia e solicitar que isto fosse feito, assim como resolver um conflito de ideias visando analisar cada ideia e solicitar que este conflito fosse solucionado (expressão de 16 MDper).

Em contrapartida, no contexto científico, as ações mais frequentes das estudantes de G6 foram:

- i. obter e fornecer informações em resposta a uma demanda/questão (expressão de 26 MDcin);
- ii. propor hipótese(s) associadas à elaboração da(s) explicação(ões) e solicitar que isto fosse feito (expressão de 19 MDdes); e

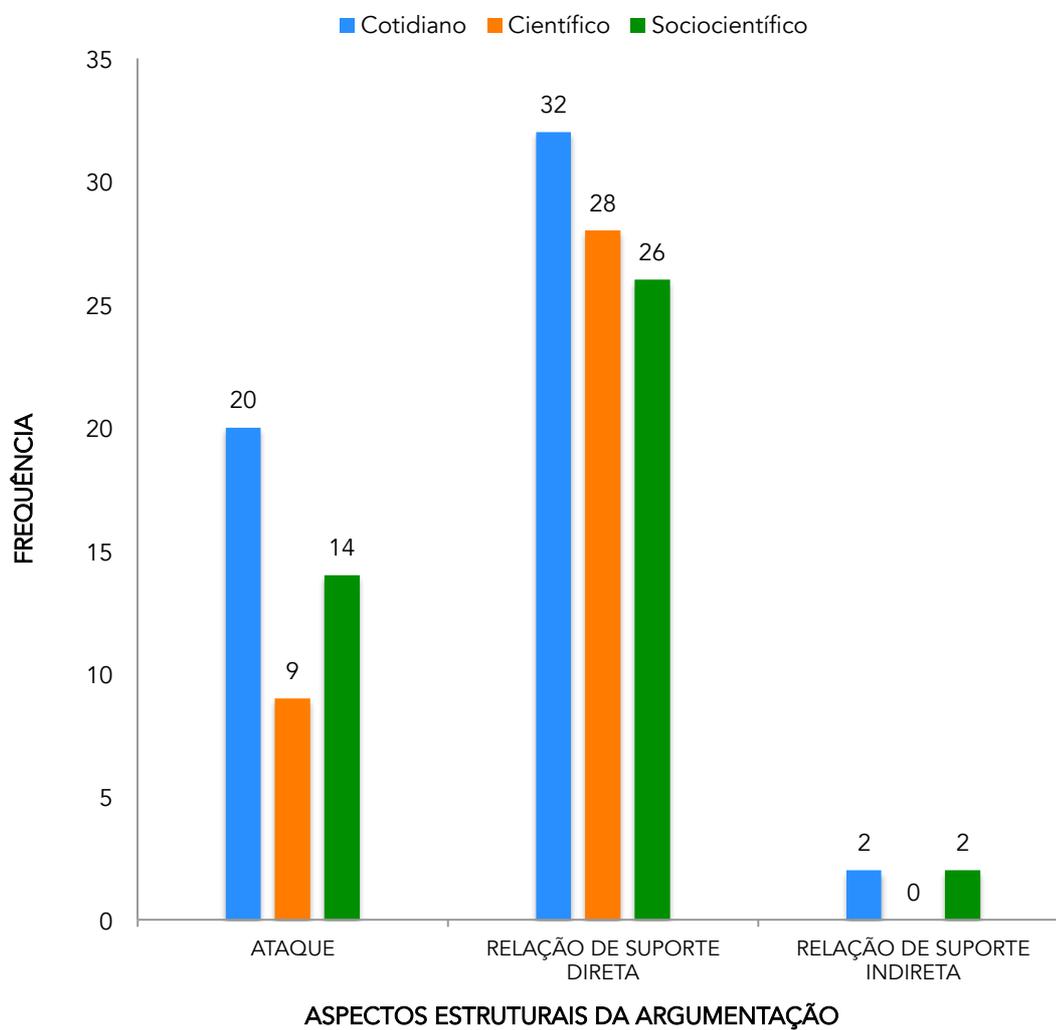
- iii. convencer o colega da validade de uma ideia e solicitar que isto fosse feito, assim como resolver um conflito de ideias visando analisar cada ideia e solicitar que este conflito fosse solucionado (expressão de 27 MDper).

Por fim, no contexto sociocientífico, as integrantes de G6 buscaram mais frequentemente:

- i. obter e fornecer informações em resposta a uma demanda/questão (expressão de 20 MDcin);
- ii. propor solução(es)/ações e selecionar a solução mais adequada, assim como solicitar que essas coisas fossem feitas (expressão de 22 MDper); e
- iii. convencer o colega da validade de uma ideia e solicitar que isto fosse feito, assim como resolver um conflito de ideias visando analisar cada ideia e solicitar que este conflito fosse solucionado (expressão de 38 MDper).

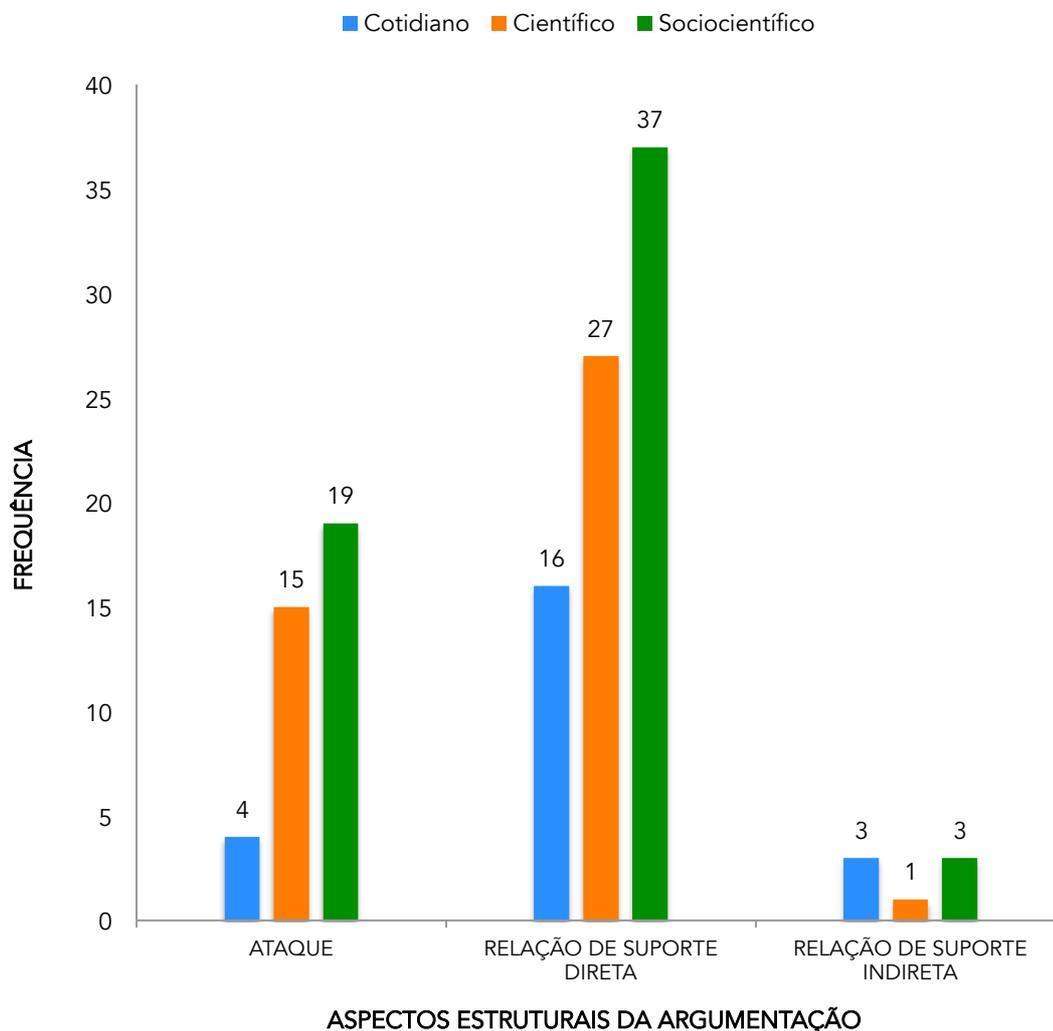
A seguir, apresentamos os gráficos 6.7 e 6.8 visando discutir mais profundamente os movimentos dialógicos que possuem aspectos estruturais argumentativos (MDpdi e MDper). Em tais gráficos, apresentamos as frequências de aspectos estruturais da argumentação dos grupos em cada situação de ensino fundamentado em modelagem.

**Gráfico 6.7.** Frequência de aspectos estruturais da argumentação nos movimentos dialógicos persuasivo e persuasivo de disputa nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 3.



Fonte: Autoria nossa.

**Gráfico 6.8.** Frequência de aspectos estruturais da argumentação nos movimentos dialógicos persuasivo e persuasivo de disputa nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 6.



Fonte: Autoria nossa.

Nos gráficos 6.7 e 6.8, observamos que tanto as estudantes de G3 quanto as de G6 procuraram, em todas as situações de ensino fundamentado em modelagem:

- i. atacar a conclusão (ou parte dela), as razões (todas ou uma delas) e a relação entre razões e conclusão por meio de questões, argumentos ou razões; e
- ii. defender e sustentar frequentemente suas ideias/hipóteses/soluções a partir de relação de suporte direta. Esta relação é mais forte do que a indireta, pois aquela especifica ou detalha a informação apresentada em um movimento anterior, em vez de apenas fornecer outra informação relacionada ao tópico de um movimento anterior (Martins e Justi, 2019b).

Estes resultados indicam que as atividades de modelagem contribuem para que os estudantes expressem movimentos que favorecem convencer o outro da validade de uma ideia e resolver um conflito de ideias de forma consistente.

Constatamos também, a partir desses gráficos, que as integrantes de G3 buscaram questionar, refutar, defender e sustentar mais frequentemente as suas ideias no contexto cotidiano do que nos demais contextos. Por outro lado, as de G6 procuraram questionar, refutar, defender e sustentar mais frequentemente as suas ideias no contexto sociocientífico do que nos demais contextos.

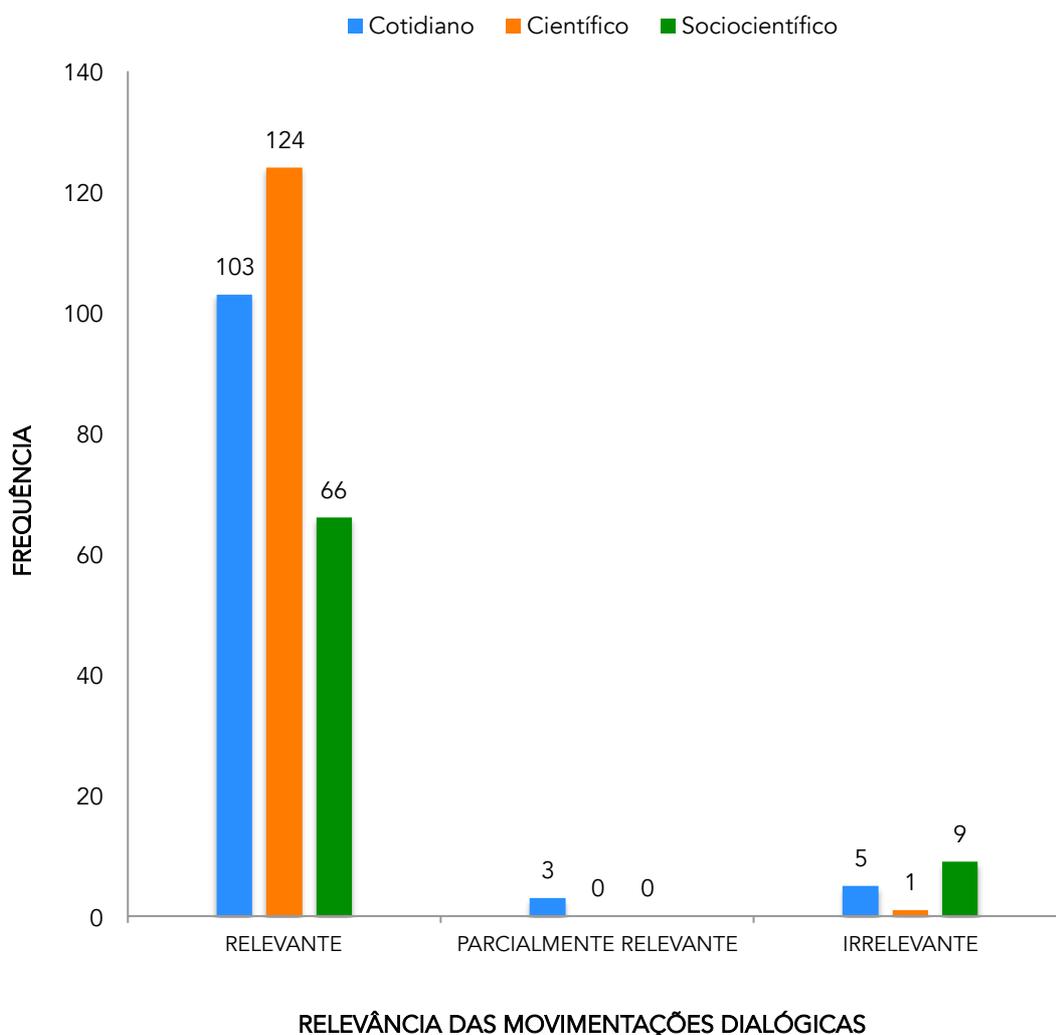
Tanto as integrantes de G3 quanto as de G6 buscaram defender e sustentar mais frequentemente as suas ideias do que questioná-las e refutá-las em todos os contextos. Este resultado indica que a modelagem é uma atividade que favorece a construção de ideias ou conhecimentos. Em atividades em que há posicionamentos bem definidos, como, por exemplo, a de júri simulado, as frequências de ataques e de relação de suporte são altas, como foi observado no trabalho de Martins e Justi (2019b). No entanto, a alta incidência desses dois tipos de movimentos pouco contribui para que haja a construção de uma ideia ou conhecimento de forma cooperativa sobre um determinado assunto, como apontado pelos trabalhos de Felton *et al.* (2015) e Asterhan e Babichenko (2015). Em tais estudos, os autores observaram que a aprendizagem e a qualidade argumentativa dos estudantes foram menores quando o professor ou pesquisador solicitou que eles se posicionassem antes de se engajarem em um diálogo e manterem tais posicionamentos ao longo do mesmo do que quando eles solicitaram aos estudantes resolver um problema de forma cooperativa.

Não é possível, a partir dos gráficos, discutir a relação entre o contexto e as características da estrutura da argumentação nos MDper e MDpdi, pois não identificamos nenhum padrão ao analisar cada contexto comparando os gráficos 6.7 e 6.8. Por outro lado, observamos que, no caso de G6, houve um aumento gradativo de frequências de ataques e relação de suporte e de MDper ao longo das situações de ensino fundamentado em modelagem (gráficos 6.6 e 6.8). Estes resultados podem indicar que a modelagem contribuiu para que as estudantes de G6 percebessem a necessidade de explorar e solicitar que fosse explorada cada ideia ou solução proposta com profundidade (avaliando seus

pontos fortes e fracos a partir de argumentos, razões e questionamentos) durante o processo vivenciado.

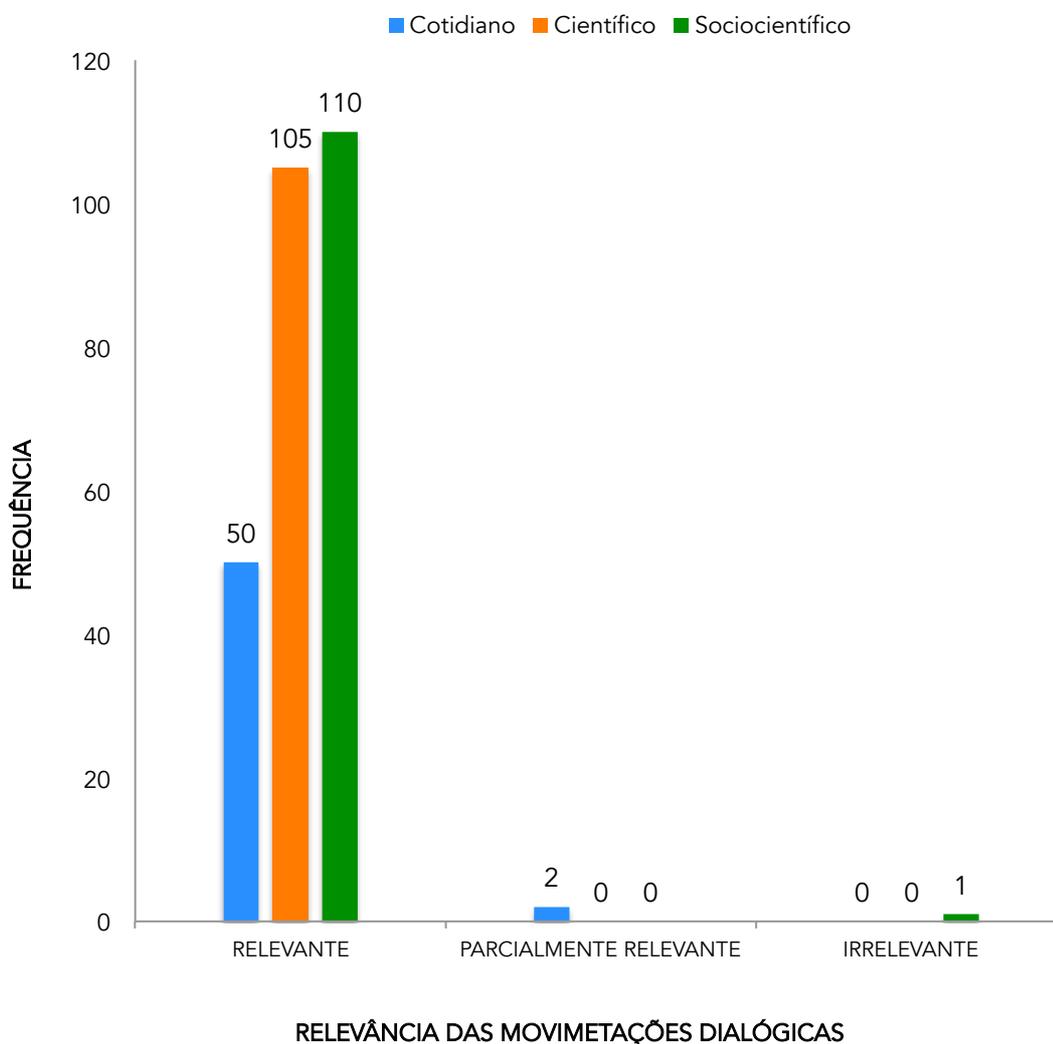
Para que possamos compreender mais profundamente a argumentação dos grupos, as relações que podem ser estabelecidas entre seus envolvimento nesta prática científica e as situações de ensino fundamentado em modelagem nos diversos contextos investigados, apresentamos os gráficos 6.9 e 6.10. Neles apresentamos as frequências de relevância das movimentações dialógicas expressas pelos grupos durante as situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico.

**Gráfico 6.9.** Frequência de relevância das movimentações dialógicas nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 3.



Fonte: Autoria nossa.

**Gráfico 6.10.** Frequência de relevância das movimentações dialógicas nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 6.



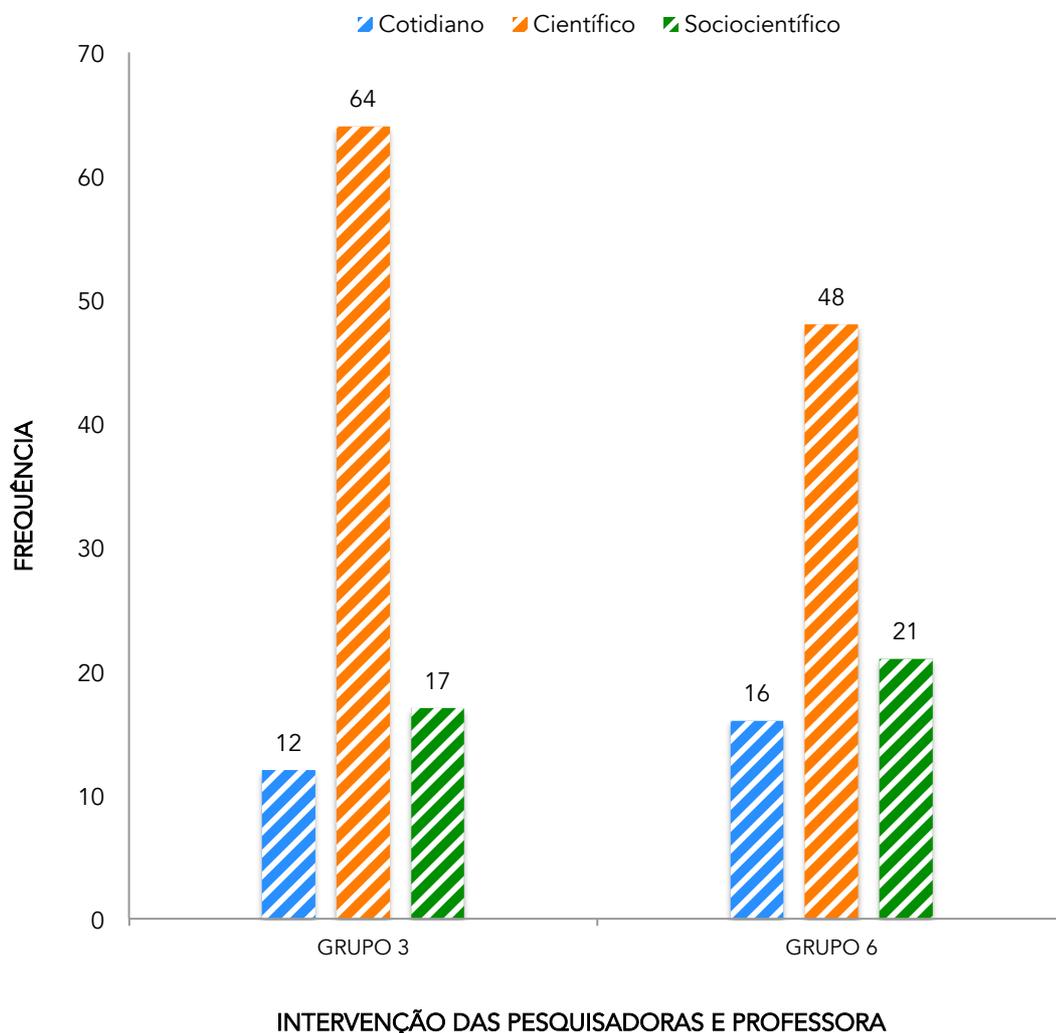
Fonte: Autoria nossa.

Nos gráficos 6.9 e 6.10, constatamos que as estudantes de ambos os grupos expressaram frequentemente movimentos dialógicos relevantes em todos os contextos. Isso pode ter acontecido em virtude de as atividades de modelagem possuírem objetivos bem definidos, o que contribuiu para que as estudantes buscassem atingir os objetivos principal(is) e específicos (que estão relacionados aos de cada atividade) dos diálogos nos quais se engajaram. Portanto, esses resultados indicam que atividades de modelagem favorecem aos estudantes manifestar movimentos relevantes.

Observamos também nestes gráficos que as integrantes de G3 expressaram apenas um movimento irrelevante na situação de ensino fundamentada em modelagem em

contexto científico, enquanto as de G6 não expressaram nenhum no mesmo contexto. Por outro lado, nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano e sociocientífico as integrantes de ambos os grupos expressaram mais frequentemente movimentos dialógicos parcialmente relevantes e/ou irrelevantes do que na situação que envolvia o contexto científico. Inicialmente, julgamos que o contexto poderia ter influenciado na relevância das movimentações dialógicas expressas pelos grupos. No entanto, o contexto científico apresentou um grau de complexidade maior do que os demais, como mencionamos anteriormente. Isso poderia ter contribuído para as estudantes expressarem mais frequentemente movimentos dialógicos parcialmente relevantes e/ou irrelevante do que nos outros contextos. A partir desse dilema, produzimos o gráfico 6.11, que explora as frequências de intervenções das pesquisadoras e professora durante as situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano (representada pelo uso de hachura branca e azul), científico (representada pelo uso de hachura branca e laranja) e sociocientífico (representada pelo uso de hachura branca e verde).

**Gráfico 6.11.** Frequência de intervenções das pesquisadoras e professora nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelos grupos 3 e 6.



Fonte: Autoria nossa.

A partir do gráfico 6.11, constatamos que as pesquisadoras e a professora interviram mais frequentemente na situação de ensino fundamentada em modelagem em contexto científico do que nas demais. Isso pode ter ocorrido em virtude de a complexidade desse tipo de contexto ser maior do que a dos demais. O fato de tais intervenções terem ocorrido e, conseqüentemente, direcionado mais o raciocínio das estudantes pode ter contribuído para que as estudantes expressassem menos movimentos dialógicos parcialmente relevantes e/ou irrelevantes (gráficos 6.9 e 6.10).

No que diz respeito às frequências de intervenções das pesquisadoras e da professora nos contextos cotidiano e sociocientíficos, observamos no gráfico 6.11 que elas

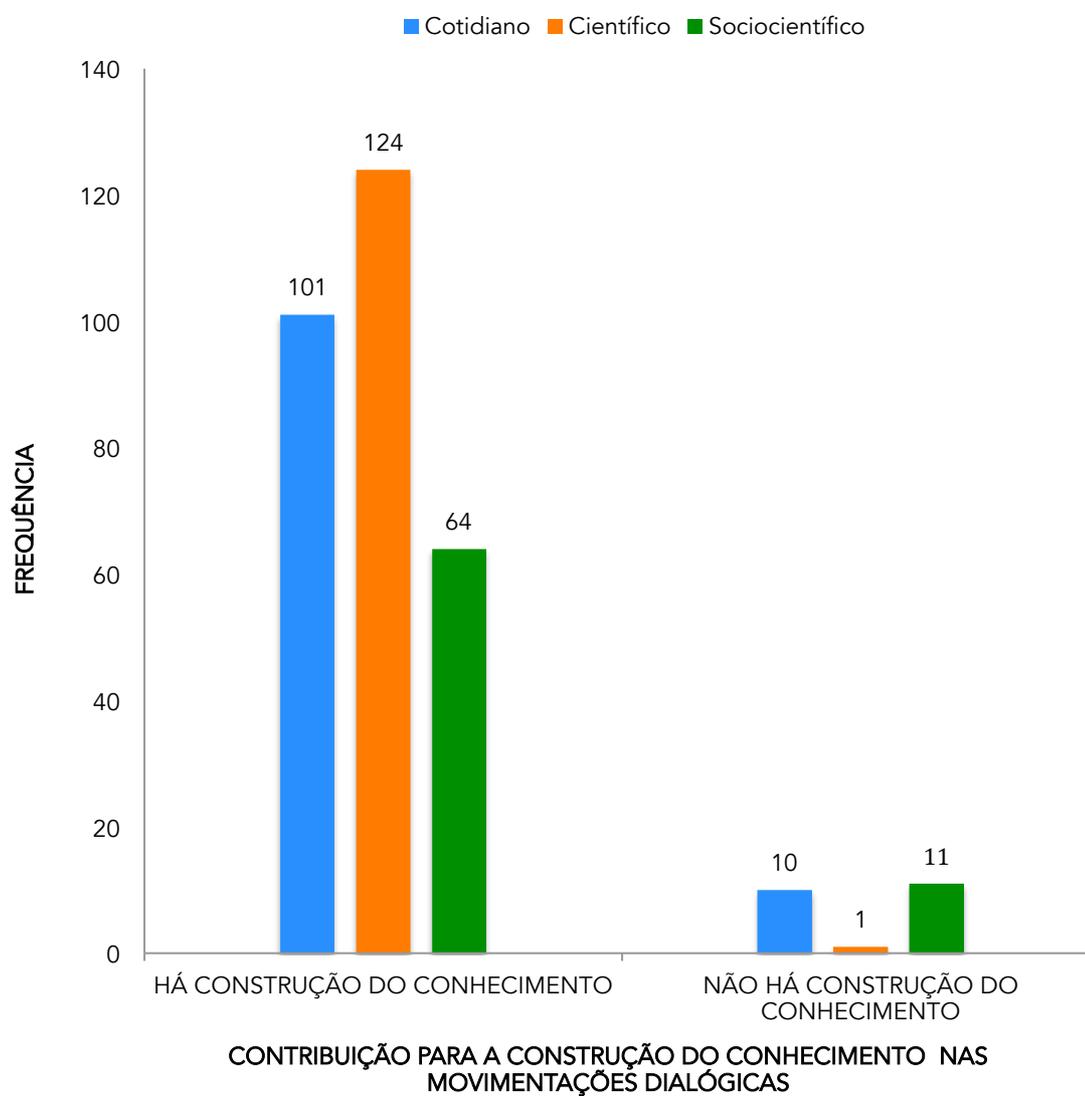
são bem menores do que aquelas ocorridas no contexto científico – apesar de a diferença entre elas ser relativamente pequena (5 intervenções a mais no contexto sociocientífico do que no cotidiano em ambos os grupos). A nosso ver, o fato de tais intervenções terem ocorrido com uma frequência menor nos contextos cotidiano e sociocientífico pode ter contribuído para que as estudantes expressassem mais movimentos dialógicos parcialmente relevantes e/ou irrelevantes do que no contexto científico (gráficos 6.9 e 6.10).

Como discutido nos trabalhos de Passmore e Svoboda (2012), Mendonça e Justi (2013) e Puig *et al.* (2017), produzir atividades de modelagem com objetivos claros e explicitados nos comandos das questões e saber como conduzi-las podem influenciar sobremaneira na qualidade da argumentação dos estudantes e na construção de conhecimentos por eles.

Por fim, comparando os gráficos 6.9 e 6.10, notamos que as estudantes de G6 expressaram menos movimentos parcialmente relevantes e irrelevantes do que as de G3. Isso pode indicar que as estudantes deste grupo desenvolveram melhor a sua argumentação do que as de G3 – aspecto que pode ter influenciado na construção de conhecimentos nos contextos investigados.

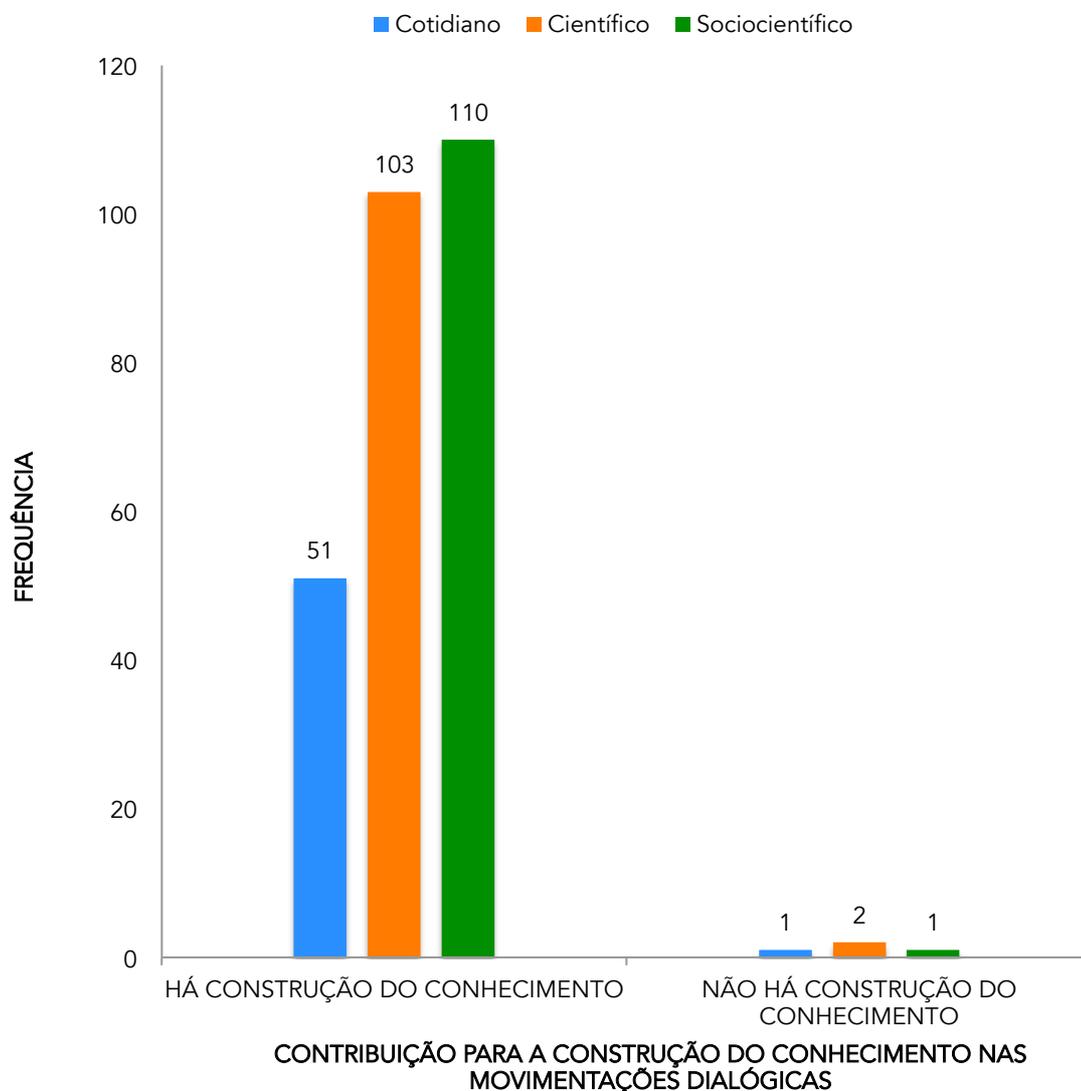
Para avaliar esta afirmativa, apresentamos os gráficos 6.12 e 6.13. Nestes, mostramos as frequências de contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas dos grupos ao longo das situações de ensino fundamentado em modelagem.

**Gráfico 6.12.** Frequência de contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 3.



Fonte: Autoria nossa.

**Gráfico 6.13.** Frequência de contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas nas situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico vivenciadas pelo grupo 6.



**Fonte:** Autoria nossa.

Nos gráficos 6.12 e 6.13, constatamos que as movimentações dialógicas expressas pelas estudantes de ambos os grupos contribuíram frequentemente para a construção do conhecimento em todos os contextos. Isso indica que a modelagem favorece a construção de conhecimento de natureza científica, como evidenciado, por exemplo, em Schwarz *et al.* (2009), Maia e Justi (2009b), Mendonça e Justi (2011), Hokayem e Schwarz (2014) e Puig *et al.* (2017), mas também a construção de conhecimentos de naturezas social e sociocientífica, como discutido teoricamente por Prins *et al.* (2016).

Nesses gráficos também observamos que as estudantes expressaram poucos movimentos dialógicos que não contribuíram para a construção do conhecimento no

contexto científico (um no caso de G3 e dois no caso de G6). Julgamos que isso aconteceu em função das intervenções das pesquisadoras e professora, que foram mais frequentes nesse contexto do que nos demais (gráfico 6.11). O fato de tais intervenções terem ocorrido frequentemente no contexto científico pode ter contribuído para direcionar mais o raciocínio das estudantes e conseqüentemente, para que as integrantes de ambos os grupos expressassem poucos movimentos dialógicos que não contribuíram para a construção do conhecimento.

Comparando os gráficos 6.12 e 6.13, constatamos que as estudantes de G6 expressaram menos movimentos dialógicos que não contribuíram para a construção do conhecimento do que as de G3 em todos os contextos. Esse resultado dá suporte à afirmativa apresentada anteriormente, de que as integrantes de G6 desenvolveram melhor sua argumentação do que as de G3, gerando mais contribuições para a construção de conhecimentos nos contextos investigados do que as estudantes de G3.

De forma geral, na situação de ensino fundamentado em modelagem em contexto cotidiano, as estudantes de ambos os grupos construíram e aplicaram conhecimentos relacionados ao processo de funcionamento de uma máquina de vender refrigerantes, em específico, sobre os mecanismos de:

- seleção e entrega de refrigerantes;
- refrigeração de refrigerantes;
- pagamento e troco;
- e ligação de uma máquina de vender refrigerantes.

Por outro lado, na situação de ensino fundamentado em modelagem em contexto científico, as estudantes de ambos os grupos construíram e utilizaram conhecimentos relacionados:

- às estruturas de plásticos, em específico aos tipos de ligações químicas e interações intermoleculares;
- às propriedades físicas e químicas de diferentes tipos de plásticos; e
- à representação de compostos orgânicos.

Na situação de ensino fundamentado em modelagem em contexto sociocientífico, as estudantes de ambos os grupos construíram e aplicaram conhecimentos relacionados:

- às estruturas de plásticos;
- às propriedades físicas e químicas de diferentes tipos de plásticos;
- ao processo de reciclagem de determinado tipo de plástico (o qual inclui as etapas da reciclagem, os produtos possíveis de serem produzidos por meio da reciclagem e as vantagens e desvantagens sociais, econômicas e ambientais da reciclagem); e
- a outras soluções, como repensar, reduzir e reutilizar, que poderiam auxiliar na resolução do problema de acúmulo de plásticos em nossa sociedade.

Além desses conhecimentos, os quais estão relacionados à natureza da cada contexto, as estudantes de ambos os grupos construíram e utilizaram conhecimentos relativos à natureza dos modelos e ao processo de modelagem, em específico, sobre:

- o significado de modelos;
- as diferentes formas de representar os modelos;
- os usos dos modelos;
- a abrangência e as limitações dos modelos; e
- as etapas que constituem o processo de modelagem.

Por fim, ressaltamos que a discussão dos resultados empíricos foi feita para compreender: (i) como os grupos de estudantes argumentam em diferentes situações de ensino fundamentado em modelagem; e (ii) as relações que podem ser estabelecidas entre seus envolvimento nesta prática científica e as situações de ensino fundamentado em modelagem nos diversos contextos investigados. Portanto, não tínhamos, e nunca tivemos, o objetivo de comparar os contextos visando identificar um como melhor em detrimento de outro. Nosso objetivo em investigar a argumentação dos estudantes em três contextos diferentes foi mostrar os aspectos relacionados à argumentação que podem ser manifestados em cada contexto o que, acreditamos, que pode dar suporte à discussão da importância de trabalhar com contextos diversificados em sala de aula de Ciências.

## 7. CONCLUSÕES

Como relatado no início deste estudo, até o presente momento, foram publicadas poucas pesquisas empíricas que buscaram compreender as contribuições da integração de práticas científicas para a aprendizagem *de* e *sobre* Ciências, assim como para o desenvolvimento de habilidades como, por exemplo, as relacionadas com argumentação, condução de investigações e elaboração de explicações. No caso das práticas científicas de argumentar e modelar, encontramos apenas três estudos: os de Passmore e Svoboda (2012), Mendonça e Justi (2013) e Puig *et al.* (2017). Tais estudos investigaram a relação entre argumentação e modelagem em contextos científicos. Os estudos de Passmore e Svoboda (2012) e Mendonça e Justi (2013) exploraram a ocorrência de situações argumentativas nas diversas etapas da modelagem. Por outro lado, a pesquisa de Puig *et al.* (2017) explorou, principalmente, as contribuições da integração dessas práticas científicas para a aprendizagem de conteúdo conceitual.

Além disso, identificamos que há controvérsias sobre as contribuições da argumentação para a aprendizagem *de* e *sobre* Ciências, assim como para o desenvolvimento argumentativo em diferentes contextos (científico e sociocientífico). A nosso ver, a existência dessas controvérsias pode estar relacionada a aspectos metodológicos. Por isso defendemos a necessidade de pesquisas que investiguem a argumentação como processo em diferentes contextos a partir de metodologias de coleta e análise de dados claras, consistentes e coerentes com os propósitos da pesquisa.

Para tanto, julgamos ser necessário o desenvolvimento de ferramentas fundamentadas em aspectos da teoria do diálogo para analisar a argumentação de estudantes e professores como processo.

Com base nesse complexo contexto, nos propusemos a investigar seis questões de pesquisa:

1. Como aspectos da teoria do diálogo podem ser utilizados na elaboração de uma ferramenta para analisar o processo de argumentação em situações de ensino de Ciências por investigação?

2. Quais são as abrangências e as limitações desta ferramenta quando utilizada na análise de situações de ensino de Ciências por investigação?
3. Considerando que a situação de ensino por investigação é fundamentada em modelagem:
  - 3.1 Como os estudantes argumentam em situações de ensino de Ciências fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico?
  - 3.2 Existem diferenças na argumentação de estudantes quando eles participam de situações de ensino de Ciências fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico? Em caso afirmativo, quais são elas?
  - 3.3 Que relações podem ser estabelecidas entre a natureza de cada situação de ensino fundamentado em modelagem e a argumentação dos estudantes?
  - 3.4 Que relações podem ser estabelecidas entre as atividades de modelagem e a argumentação dos estudantes?

Para tanto, propusemos uma nova ferramenta que possui seis níveis de análise, os quais são constituídos por categorias bem definidas. Esse processo nos ajudou a responder a nossa primeira questão de pesquisa.

Ao utilizarmos a ferramenta para analisar os dados deste estudo, conseguimos responder as questões de pesquisa 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e, conseqüentemente, obtivemos subsídios para discutir também a questão 2, que se relaciona às contribuições e limitações da ferramenta quando aplicada na análise de situações de ensino de Ciências por investigação. Neste capítulo, apresentamos as nossas conclusões para cada uma dessas questões de pesquisa.

## 7.1 Como aspectos da teoria do diálogo podem ser utilizados na elaboração de uma ferramenta para analisar o processo de argumentação em situações de ensino de Ciências por investigação?

Como discutimos no capítulo 4, avaliamos que era interessante desenvolver uma nova ferramenta para analisar argumentação tanto como processo quanto como produto em contextos de ensino de Ciências por investigação a partir:

- i. do uso e/ou adaptações de alguns critérios e categorias das ferramentas de Macagno e Bigi (2017) e Macagno (2018) e de Martins e Justi (2019b). Isso era possível de ser realizado porque as duas ferramentas se baseiam no mesmo referencial teórico: a teoria do diálogo de Douglas Walton;
- ii. de outras ideias de Walton que não estavam presentes nas ferramentas de Macagno e Bigi (2017) e Macagno (2018) e de Martins e Justi (2019b); e
- iii. da criação de novos critérios e categorias voltados especificamente para os objetivos do presente estudo.

No capítulo 5, apresentamos e discutimos profundamente os aspectos que levamos em considerações para construir a nova ferramenta, os quais resumimos neste tópico.

O primeiro aspecto que utilizamos foi a identificação de situações argumentativas. Para Walton (2006), a argumentação não acontece apenas quando os sujeitos apresentam ideias contrárias ou quando um dos sujeitos discorda de uma ideia sem expressar um ponto de vista, mas também quando um dos sujeitos apresenta um ou mais ponto(s) de vista para um determinado assunto e outro o auxilia na tomada de decisão ao avaliar, por exemplo, o(s) ponto(s) de vista em discussão.

Avaliamos que tais situações argumentativas iam ao encontro daquelas propostas por Baker (2009). Apesar de notarmos que havia coerência entre as ideias de Walton (2006) e as de Baker (2009) sobre as diferentes situações argumentativas e o entendimento de que argumentação é uma atividade social, selecionamos a ideia de Baker (2009) para construir um dos níveis da nova ferramenta. Isso porque esse autor expressa tais situações como

categorias e as desenvolveu tendo como foco o contexto educacional no qual os estudantes devem solucionar problemas colaborativamente.

Como a ferramenta foi proposta para ser utilizada em contextos de ensino de Ciências por investigação, modificamos ligeiramente a redação das descrições das situações argumentativas, mas sem alterar a ideia central de cada uma delas. Além disso, elaboramos critérios mais detalhados para delimitar as situações argumentativas.

Assim, a identificação e delimitação das situações argumentativas em diálogos configurou o *Nível 1* da ferramenta que criamos: *Seleção das discussões a serem analisadas*.

O segundo aspecto que utilizamos se originou do trabalho de Walton (2006). Empregamos as tipologias de diálogos desse autor para identificar em qual(uais) tipo(s) de diálogo(s) a atividade favorece o engajamento dos estudantes. Isso levou à construção do *Nível 2* da nova ferramenta: *Identificação da(s) natureza(s) dialógica(s) de cada atividade*.

Identificar a(s) natureza(s) dialógica(s) de cada atividade é importante, pois pode contribuir para compreender se os estudantes se engajam em um diálogo que favorece atingir o objetivo da mesma. Sem essa compreensão, não é possível entender se houve aprendizagem ou construção de conhecimento. Entretanto, para ser coerente com o contexto educacional para o qual a ferramenta foi proposta, fizemos algumas adaptações:

- i. mudamos a redação dos objetivos dos diálogos;
- ii. não consideramos o *diálogo de erística* no nível 2 da ferramenta pois, em um contexto educacional, os professores e/ou as propostas de atividades devem buscar promover discussões que favoreçam aos estudantes questionar e/ou avaliar as ideias de seus colegas, e não atacá-los pessoalmente, o que não contribui para a aprendizagem (Jiménez-Aleixandre, 2010); e
- iii. não consideramos o *diálogo de negociação* nesta ferramenta, pois ele tende a não contribuir para construir e avaliar conhecimentos curriculares de natureza(s) social e/ou científica.

O terceiro aspecto que utilizamos se originou da ferramenta de Macagno e Bigi (2017). Usamos as tipologias de movimentações dialógicas visando identificar a *natureza das movimentações dialógicas*, nível 3 da nova ferramenta. Novamente, julgamos que era

necessário modificar alguns aspectos da proposta de Macagno e Bigi (2017) de forma a contemplar os contextos de ensino de Ciências por investigação. Assim:

- i. contemplamos a diferença entre o *Movimento Dialógico persuasivo* e o de *disputa*, pois ela pode contribuir para caracterizar melhor o discurso argumentativo dos estudantes;
- ii. criamos as categorias *Movimento Meta-Dialógico de consenso*, *Movimento Meta-Dialógico de esclarecimento do significado de uma ideia* e *Movimento Meta-Dialógico de estabelecimento de contexto*, pois tais movimentos podem contribuir para que o diálogo seja, ou se torne, claro;
- iii. consideramos que o *Movimento Dialógico de erística* deve estar presente no nível 3 da ferramenta, pois, mesmo em um contexto de ensino que tem o objetivo de promover discussões que contribuam para que estudantes construam e avaliem ideias a partir de argumentos, pode acontecer de um estudante atacar um colega ao invés de suas ideias;
- iv. não consideramos o *Movimento Dialógico de construção de relacionamento* no nível 3 da ferramenta, pois ele não contribui diretamente para os processos de ensino e aprendizagem e para o desenvolvimento da argumentação. Logo, a sua presença na ferramenta não contribuiria para atingir o objetivo para qual ela foi construída; e
- v. acrescentamos um segundo objetivo para cada movimentação dialógica, pois consideramos a presença de professor e estudantes e, conseqüentemente, que cada um destes participantes poderia se envolver na movimentação dialógica com objetivos específicos.

O quarto aspecto utilizado se originou do trabalho de Walton (2006). Aplicamos os critérios e definições propostos por esse autor para compreender a estrutura da argumentação, em específico dos *Movimentos Dialógicos persuasivo* e *persuasivo de disputa*. Isso porque, dentre os movimentos apresentados no nível 3, estes são os únicos que possuem aspectos estruturais argumentativos. Segundo Walton (2006), é importante que o analista compreenda a estrutura dos argumentos e a sua função, pois isso pode contribuir para que ele entenda melhor a argumentação de indivíduos, isto é, como eles

questionam, refutam, defendem e sustentam as suas ideias/posições. A forma como utilizamos os critérios e definições desse autor levou à construção do Nível 4 da nova ferramenta: *Caracterização da estrutura da argumentação nos movimentos dialógicos persuasivo e persuasivo de disputa*.

Neste caso, as modificações que fizemos visando contemplar o contexto educacional foram:

- i. inclusão dos critérios que envolvem relação de conteúdo/tópico que se originaram da ferramenta analítica de Martins e Justi (2019b). Essa inclusão se justificou, pois enunciados argumentativos podem se relacionar de forma estrutural e/ou por abordarem um mesmo assunto em contextos educacionais; e
- ii. utilização da definição de conclusão segundo Jiménez-Aleixandre (2010), visto que ela melhor caracteriza tal elemento no contexto de ensino de Ciências por investigação.

O quinto aspecto que utilizamos foi a escala de avaliação de relevância para as movimentações dialógicas propostas por Macagno (2018, 2019). Tal escala, utilizada com o mesmo objetivo desse autor, originou o *Nível 5* da nova ferramenta: *Relevância da movimentação dialógica*.

Compreender a relevância dos movimentos dialógicos é importante, pois pode contribuir para que tenhamos mais elementos acerca da qualidade da argumentação dos estudantes. Como discutimos nos capítulos 2 e 4, analisar apenas a estrutura dos argumentos de estudantes não é suficiente para avaliar a qualidade de sua argumentação, uma vez que um argumento pode ter afirmativa, dados, garantia, apoio, qualificador e/ou refutador relacionados e não contribuir para a construção do conhecimento.

Para que a ideia de Macagno (2018, 2019) fosse utilizada em contexto de ensino de Ciências por investigação, fizemos algumas modificações:

- i. considerando possíveis confusões derivadas da polissemia do conceito de força, substituímos a ideia de força de relevância da movimentação dialógica pela de níveis de relevância;

- ii. excluímos o critério de conhecimento comum do nível 5 da ferramenta, pois, caso contrário, teríamos critérios com objetivos distintos (avaliar a relevância e a construção do conhecimento) em um mesmo nível de análise;
- iii. consideramos, na descrição do critério *coerência de tópico*, situações em que uma analogia pode ser criada, um vez que, no contexto educacional, sujeitos podem expressar um tópico diferente – mas que se relaciona com o tema da discussão – com o objetivo de auxiliar na discussão do tópico da movimentação dialógica anterior;
- iv. acrescentamos os critérios *atende parcialmente o critério R.1* e *atende parcialmente o critério R.2*, pois entendemos que podem ocorrer as seguintes situações: (i) o movimento expressa um tópico do tema em discussão mas sem auxiliar na discussão do tópico da movimentação dialógica anterior, resultando em o sujeito promover um movimento que é relevante para o tema de discussão, mas que não o é para o movimento anterior; e (ii) a movimentação proposta por um sujeito é ignorada pelo outro, que expressa um movimento que apenas é coerente com o objetivo principal do diálogo. Nesse caso, um dos sujeitos está sendo relevante apenas em relação ao objetivo principal do diálogo; e
- v. incluímos informações nos critérios *distância inferencial* e *atende parcialmente o critério R.3*, pois avaliamos que proposição(ões), conclusão(ões), ou parte(s) de sentença(s) podem e devem ser inferidas. Em um estudo anterior (Martins e Justi, 2019b), julgamos necessário inferir partes de questões, explicações e conclusões que não foram expressas pelos estudantes durante o diálogo, o que contribuiu para melhor compreendermos seus raciocínios argumentativos.

Por fim, o sexto aspecto que utilizamos foi a ideia de contribuição para o conhecimento comum proposta por Macagno (2018, 2019). Este autor a utiliza como critério para avaliar a relevância das movimentações, como mencionamos anteriormente. Por outro lado, nós a utilizamos com o objetivo de avaliar se as movimentações dialógicas expressas pelos estudantes contribuíram para a construção do conhecimento. Essa mudança de objetivo foi feita, pois a nossa intenção foi desenvolver uma ferramenta que pode ser utilizada para analisar tanto a argumentação de estudantes quanto a construção

de seus conhecimentos. Tal modificação levou à construção do *Nível 6* da nova ferramenta: *Contribuição para a construção do conhecimento nas movimentações dialógicas*.

Além dessa mudança, outras foram necessárias visando detalhar e/ou acrescentar alguns elementos de forma a manter a coerência da ferramenta analítica com o ensino de Ciências por investigação:

- i. incluímos a ideia de que uma movimentação dialógica contribui para a construção do conhecimento se: expressar novas informações, relações, soluções, ideias, razões, argumentos, explicações, esclarecimentos sobre um novo assunto, significado(s) do(s) objetivo(s) de outros movimentos ou de ideia(s) considerada(s) duvidosa(s) ou vaga(s); gerar contribuições para a construção de ideias, soluções ou explicações; e expressar novas questões, questões elaboradas de uma maneira diferente das dos movimentos anteriores que não foram respondidas ou discutidas completamente (o que acontece, por exemplo, quando a questão repetida fornece informações adicionais àquelas que os estudantes haviam pensado); e
- ii. elaboramos categorias relacionadas às características de cada tipo de movimentação em função da mudança na forma de aplicar a ideia de contribuição para a construção do conhecimento.

Ao considerar todas estas ideias, é possível compreender detalhadamente o processo de argumentação de estudantes em situações de ensino de Ciências por investigação. Isso porque o analista não conta apenas com categorias e critérios visam analisar aspectos da estruturada da argumentação, mas também com categorias e critérios que lhe possibilitam identificar os tipos de diálogos, os movimentos dialógicos e/ou meta-dialógicos, a relevância e contribuição desses movimentos para a construção do conhecimento.

## 7.2 Como os estudantes argumentam em situações de ensino de Ciências fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico?

Antes de discutirmos a segunda questão de pesquisa (Quais são as abrangências e as limitações desta ferramenta quando utilizada na análise de situações de ensino de Ciências por investigação?), é preciso discutir as questões específicas relacionadas à aplicação da ferramenta, pois assim teremos subsídios para discuti-la.

Nossos resultados mostram que as estudantes se engajaram em várias situações argumentativas visando atingir objetivos dialógicos diferentes, como os de: compartilhar informações (Dci), elaborar explicação(es) relacionada(s) ao tópico em discussão (Dds), investigar/testar a validade de hipótese(s) a partir de evidências (Din) e propor uma solução/ação para, ou solucionar, um problema em discussão (Ddl) ao longo das situações de ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico sociocientífico (como evidenciado nos gráficos 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4). Esses resultados indicam que situações de ensino fundamentado em modelagem e suas naturezas influenciam o engajamento de estudantes em diálogos distintos.

Nossos resultados também mostram que as estudantes expressaram diferentes movimentos dialógicos nas situações argumentativas ao longo das situações de ensino fundamentado em modelagem, ou seja, elas buscaram: (i) compartilhar suas ideias; (ii) analisar a validade dos modelos partir de evidências; (iii) explorar cada ideia ou solução proposta com profundidade avaliando seus pontos fortes e fracos a partir de argumentos, razões e questionamentos; (iv) expressar se estavam de acordo com a ideia de outra colega visando deixar claro que ambos compartilhavam a mesma ideia; e (v) esclarecer o significado de uma ideia em discussão. Em algumas situações, as estudantes de ambos os grupos procuraram propor solução(es)/ações e selecionar a solução mais adequada. Em outras, apenas um dos grupos procurou esclarecer se o colega possuía algum conhecimento prévio sobre um determinado assunto antes de compartilhar ou propor algo relacionado a tal assunto. Além disso, os resultados mostram que as estudantes de ambos os grupos não expressaram com regularidade movimentos dialógicos com as mesmas

frequências (ver gráficos 6.5 e 6.6). Esses resultados indicam que, além de as situações de ensino fundamentado em modelagem e os contextos influenciarem na argumentação de estudantes, a maneira como cada grupo de estudantes conduz os diálogos e os tópicos abordados nos mesmos também podem influenciar nas frequências e expressões de movimentos dialógicos distintos.

Ademais, nossos resultados mostram que as estudantes procuraram, ao longo de todas as situações de ensino fundamentado em modelagem: (i) atacar as conclusões (ou parte(s) dela(s)), as razões (todas ou uma delas) e a relação entre razões e conclusão por meio de questões, argumentos e razões; e (ii) defender e sustentar frequentemente suas ideias/hipóteses/soluções a partir de alguma relação de suporte direta em todos os contextos (como evidenciado nos gráficos 6.7 e 6.8). Estes resultados indicam que as atividades de modelagem podem contribuir para que os estudantes expressem movimentos que favorecem, de forma consistente, convencer o outro da validade de uma ideia e resolver um conflito de ideias, como observado também por Passmore e Svoboda (2012) e Mendonça e Justi (2013). Por outro lado, diferentemente de Mendonça e Justi (2013), nós observamos que as situações argumentativas estavam relacionadas à persuasão tanto nos processos de construção de explicações e proposição de soluções/ações quanto nos de investigação/teste de hipóteses e compartilhamento de informações.

Outro aspecto evidenciado por nossos resultados é a expressão frequente de movimentações dialógicas relevantes pelas estudantes em todas as situações de ensino fundamentado em modelagem (ver gráficos 6.9 e 6.10). Esse resultado indica que atividades de ensino fundamentado em modelagem podem contribuir para que estudantes expressem movimentos relevantes que favoreçam a construção do conhecimento.

No entanto, devemos ressaltar que essa alta frequência não está associada apenas às atividades, mas também às intervenções das pesquisadoras e da professora, que foram essenciais para auxiliar os estudantes durante os processos de resolução de problemas (como pode ser interpretado a partir dos gráficos 6.9, 6.10 e 6.11). Como discutimos no capítulo 4, tanto a professora quanto as pesquisadoras possuíam conhecimentos relacionados à modelagem e argumentação. Tais conhecimentos podem ter contribuído para que elas conduzissem as atividades de ensino de forma a favorecer às estudantes

construir conhecimentos e argumentar com qualidade. Assim como os resultados de Mendonça e Justi (2013) e Puig *et al.* (2017), os nossos indicam que o papel que professores exercem nas atividades de modelagem influencia na qualidade da argumentação de estudantes, e conseqüentemente, na construção de seus conhecimentos. Portanto, é essencial que professores tenham tais conhecimentos para que sejam capazes de conduzir atividades de modelagem.

Por fim, nossos resultados mostram que as estudantes expressaram frequentemente movimentos dialógicos que contribuíram para a construção de conhecimentos em todos os contextos (ver gráficos 6.12 e 6.13). Então, podemos inferir que atividades de ensino fundamentado em modelagem tendem a favorecer a construção de conhecimentos de diferentes naturezas: social, científica e sociocientífica. Esta é uma conclusão relevante para a área de Educação em Ciências pois, como mencionamos nos capítulos 1 e 2, estudos anteriores (Maia e Justi, 2009; Schwarz *et al.*, 2009; Mendonça e Justi, 2011; Hokayem e Schwarz, 2014; Puig *et al.*, 2017) investigaram as contribuições e limitações de atividades baseadas em modelagem apenas para a construção de conhecimentos de natureza científica.

### **7.3 Existem diferenças na argumentação de estudantes quando eles participam de situações de ensino de Ciências fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico? Em caso afirmativo, quais são elas?**

De acordo com nossos resultados, existiram diferenças na argumentação das estudantes quando elas participaram de situações de ensino de ciências fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico.

A primeira diferença que observamos foi a frequência de situações argumentativas nas quais as estudantes se engajaram. Constatamos que as estudantes de G6 vivenciaram mais situações argumentativas na situação de ensino fundamentado em modelagem em contextos científico (10 situações) e sociocientífico (15 situações) do que as de G3 (9 e 13 situações, respectivamente). Por outro lado, as integrantes de G3 vivenciaram mais

situações argumentativas na situação de ensino fundamentado em modelagem em contexto cotidiano (6 situações) do que as de G6 (5 situações) (ver gráficos 6.1 e 6.2).

As frequências e manifestações de movimentos dialógicos também foram distintas entre os grupos investigados. Por exemplo, as estudantes de G3 expressaram o *Movimento Meta-Dialógico de estabelecimento de contexto* (MMDect) em todos os contextos, o que não foi feito pelas integrantes de G6. Em contrapartida, as estudantes deste grupo aumentaram a frequência de *Movimento Dialógico de persuasão* (MDper) ao longo das situações de ensino fundamentado em modelagem. O mesmo padrão não foi observado em G3 (ver gráficos 6.5 e 6.6). Estes resultados indicam que a maneira como cada grupo de estudantes conduziu os diálogos e os tópicos abordados nos mesmos podem ter influenciado nas frequências e manifestações de movimentos dialógicos distintos entre os grupos.

A terceira diferença que constamos foi que, no caso de G6, houve um aumento de frequências de ataques e de relação de suporte direta ao longo das situações de ensino fundamentado em modelagem, assim como um aumento de frequências de MDper ao longo de tais situações (ver gráficos 6.6 e 6.8). Estes resultados indicam que a participação nas atividades de ensino fundamentado em modelagem contribuiu para que as estudantes de G6 percebessem a necessidade de explorar e solicitar que fosse explorada cada ideia ou solução proposta com profundidade (avaliando os seus pontos fortes e fracos a partir de argumentos, razões e questionamentos) durante o processo vivenciado. Esse mesmo padrão não foi observado em G3 (ver gráficos 6.5 e 6.7).

A quarta diferença observada foi que as integrantes de G6 manifestaram menos movimentos parcialmente relevantes e irrelevantes do que as de G3. Isso pode indicar que as estudantes de G6 desenvolveram melhor a sua argumentação do que as de G3 (ver gráficos 6.9 e 6.10).

A quinta diferença foi que as estudantes de G6 expressaram menos movimentos dialógicos que não contribuíram para a construção do conhecimento do que as de G3 em todos os contextos (ver gráficos 6.12 e 6.13). Esse resultado dá suporte à afirmativa apresentada anteriormente, de que as integrantes de G6 desenvolveram melhor sua

argumentação do que as de G3, o que pode ter contribuído mais intensamente para a construção de conhecimentos nos contextos investigados.

Ademais, as estudantes de G6 aumentaram gradativamente as frequências de: (i) *Movimento Dialógico de persuasão* (MDper); (ii) ataques e relação de suporte direta; (iii) movimentações dialógicas relevantes; e (iv) movimentações dialógicas que contribuíram para a construção do conhecimento ao longo das situações de ensino fundamentado em modelagem. Esse mesmo padrão não foi observado em G3 (ver gráficos 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 6.10, 6.12 e 6.13).

A partir do exposto, podemos concluir que as diferenças encontradas entre os grupos estão associadas ao modo como cada grupo, de forma particular, desenvolveu a argumentação ao longo do processo. Podemos concluir também que engajar estudantes em atividades de modelagem que envolvam contextos com naturezas distintas pode não favorecer uma evolução gradativa da qualidade da argumentação.

#### **7.4 Que relações podem ser estabelecidas entre a natureza de cada situação de ensino fundamentado em modelagem e a argumentação dos estudantes?**

Nossos resultados indicam que o contexto cotidiano investigado pode ter favorecido às estudantes argumentar de forma consistente, visto que contribuiu para que, em ambos os grupos, elas buscassem frequentemente: (i) convencer as colegas da validade de uma ideia e solicitar que esta ação fosse feita; (ii) resolver um conflito de ideias visando analisar cada ideia (avaliando os seus pontos fortes e fracos a partir de argumentos, razões e questionamentos) e solicitar que este conflito fosse solucionado (ver gráficos 6.5, 6.6, 6.7 e 6.8); e (iii) expressar movimentos dialógicos relevantes que contribuíssem para a construção do conhecimento (ver gráficos 6.9, 6.10, 6.12 e 6.13).

Nossos resultados também indicam que o contexto cotidiano favoreceu o engajamento das estudantes em diálogos com o objetivo de propor explicações para fenômenos (ver gráficos 6.3 e 6.4). Por outro lado, esse tipo de contexto não contribuiu para que elas expressassem o *Movimento Meta-dialógico de consenso* (MMDcon) (ver

gráficos 6.5 e 6.6). Entendemos que isto aconteceu porque, por ser um contexto que envolve conhecimentos sociais que fazem parte da cultura e dia-a-dia das estudantes, estas não precisavam estabelecer frequentemente consenso a respeito de uma ideia para construí-la.

Ademais, esse tipo de contexto não contribuiu para que as estudantes se engajassem frequentemente em diferentes situações argumentativas (ver gráficos 6.1 e 6.2), pois favoreceu apenas a discussão de tópicos associados principalmente a conhecimentos sociais que fazem parte da cultura e dia-a-dia das mesmas.

No que diz respeito ao contexto científico investigado, nossos resultados indicam que ele também favoreceu às estudantes argumentar de forma consistente, visto que contribuiu para que, nos dois grupos, elas buscassem frequentemente: (i) convencer as colegas da validade de uma ideia e solicitar que essa ação fosse feita; (ii) resolver um conflito de ideias visando analisar cada ideia e solicitar que tal conflito fosse solucionado a partir de argumentos, razões e questionamentos críticos (ver gráficos 6.5, 6.6, 6.7 e 6.8); e (iii) expressar movimentos dialógicos relevantes que contribuíssem para construção do conhecimento (ver gráficos 6.9, 6.10, 6.12 e 6.13).

Nossos resultados também indicam que o contexto científico favoreceu que as estudantes se engajassem em mais situações argumentativas do que o contexto cotidiano (ver gráficos 6.1 e 6.2), pois aquele envolveu conhecimentos químicos que, por serem abstratos, são mais complexos do que os construídos e utilizados em contextos cotidianos. Esta razão também pode ser utilizada para sustentar a afirmativa de que o contexto científico também favoreceu a expressão frequente dos *Movimento Dialógico de compartilhamento de informação* (MDcin) e *Movimentos Meta-Dialógico de consenso* (MMDcon) (como evidenciado nos gráficos 6.5 e 6.6). A nosso ver, a complexidade da natureza do contexto contribuiu para que as integrantes destes grupos expressassem mais vezes esse movimento para que avançassem nas etapas da modelagem.

Ademais, esse contexto pode contribuir para que estudantes se engajem frequentemente em diálogos com os objetivos de trocar informações e propor explicações para fenômenos, como foi observado em nosso estudo (ver gráficos 6.3 e 6.4).

Finalmente, nossos resultados mostram que o contexto sociocientífico investigado também favoreceu às estudantes argumentar de forma consistente, visto que contribuiu

para que elas buscassem frequentemente: (i) convencer as colegas da validade de uma ideia e solicitar que esta ação fosse feita; (ii) resolver um conflito de ideias visando analisar cada ideia (avaliando os seus pontos fortes e fracos a partir de argumentos, razões e questionamentos) e solicitar que tal conflito fosse solucionado (ver gráficos 6.5, 6.6, 6.7 e 6.8); e (iii) expressar movimentos dialógicos relevantes que contribuíssem para a construção do conhecimento (ver gráficos 6.9, 6.10, 6.12 e 6.13).

Tais resultados também indicam que o contexto sociocientífico favoreceu o engajamento das estudantes em mais situações argumentativas do que os demais contextos (ver gráficos 6.1 e 6.2). Isso porque tal contexto favoreceu a discussão de diferentes tópicos relacionados a aspectos sociais, econômicos, políticos, ambientais e científicos.

Além disto, esse tipo de contexto contribuiu para que as estudantes expressassem frequentemente o *Movimento Dialógico de deliberação* (MDdel), pois elas tiveram que se engajar no diálogo de deliberação (Ddl) para solucionar o problema do acúmulo de plásticos na sociedade. Para que o objetivo do diálogo fosse atingido, era necessário que elas (i) propusessem solução(es)/ações e selecionassem a solução mais adequada; e (ii) solicitassem a proposição de solução(es)/ações ou a escolha de uma entre possíveis soluções/ações (ver gráficos 6.3, 6.4, 6.5 e 6.6).

A partir do exposto, concluímos que a natureza do contexto pode influenciar aspectos específicos da argumentação de estudantes, mas que tal influência não interfere na qualidade da argumentação dos mesmos. Isso porque todos os contextos investigados contribuíram para que as estudantes argumentassem de forma consistente. Portanto, não há um contexto melhor em detrimento de outro em termos de contribuição para a qualidade da argumentação. Tal conclusão é diferente das encontradas nos estudos de Osborne *et al.* (2004), Kortland (1996), Harris e Ratcliffe (2005), Albe (2008), Khishfe (2012) e Khishfe (2014), que concluíram que a qualidade argumentativa dos estudantes é maior em um determinado contexto do que em outro.

Com base na conclusão a que chegamos, julgamos que o uso de diferentes contextos no ensino pode contribuir para que estudantes tenham oportunidades de se engajar em diferentes diálogos e movimentações dialógicas e meta-dialógicas em situações argumentativas em um processo de construção de conhecimentos. Tais oportunidades

podem favorecer que os sujeitos sejam capazes de participar ativamente de discussões de diferentes naturezas e com objetivos distintos, o que pode contribuir para sua formação como cidadãos.

### **7.5 Que relações podem ser estabelecidas entre as atividades de modelagem e a argumentação dos estudantes?**

Nossos resultados indicam que a participação nas atividades de modelagem favoreceu o engajamento das estudantes em situações argumentativas, uma vez que, tanto em G3 quanto em G6, elas se engajaram, respectivamente, em um total de 28 e 30 situações argumentativas ao longo de todo o processo de ensino acompanhado (ver gráficos 6.1 e 6.2).

Nossos resultados também indicam que as atividades de modelagem favoreceram o engajamento das estudantes no *diálogo de investigação* (Din) – algo que era esperado em função de a modelagem ser uma atividade investigativa. Por outro lado, esse tipo de atividade não contribuiu para que elas se engajassem no *diálogo persuasivo* (Dper) (ver gráficos 6.3 e 6.4), visto que seu objetivo não é o de resolver um conflito de ideais, mais sim o de investigar/testar a validade de hipótese(s) a partir de evidências.

Ademais, nossos resultados indicam que esse tipo de atividade favoreceu a expressão dos *Movimentos Dialógicos de compartilhamento de informação* (MDcin), *investigação* (MDinv), *persuasivo* (MDper) e os *Movimentos Meta-Dialógicos de consenso* (MMDcon) e *esclarecimento de significados* (MMDesi). Ou seja, as atividades de ensino fundamentado em modelagem contribuíram para que as estudantes: (i) compartilhassem informações; (ii) analisassem a validade de hipótese(s) a partir de evidências; (iii) explorassem cada ideia ou solução proposta com profundidade, avaliando os seus pontos fortes e fracos a partir de argumentos, razões e questionamentos; (iv) expressassem se estavam de acordo com a ideia de outra colega visando deixar claro que ambas compartilhavam a mesma ideia; e (v) esclarecessem o significado de uma ideia em discussão (ver gráficos 6.5 e 6.6). As estudantes dos grupos investigados expressaram essas movimentações em todos os contextos.

Por outro lado, as atividades de ensino fundamentado em modelagem não favoreceram às estudantes expressar o *Movimento Dialógico de erística* (MDeri), isto é, elas não contribuíram para que elas atacassem ou defendessem a colega, mas sim, os argumentos produzidos (ver gráficos 6.5 e 6.6). Portanto, podemos afirmar que atividades de modelagem tendem a favorecer discussões nas quais estudantes constroem e avaliam ideias a partir de argumentos.

As atividades de ensino fundamentado em modelagem também contribuíram para que as estudantes frequentemente:

- i. atacassem a conclusão (ou parte dela), as razões (todas ou uma delas) e a relação entre razões e conclusão por meio de questões, argumentos e razões; e
- ii. defendessem e sustentassem suas ideias/hipóteses/soluções a partir de relação de suporte direta ao longo de todas as situações de ensino analisadas (ver gráficos 6.7 e 6.8).

Isto indica que atividades de ensino fundamentado em modelagem tendem a contribuir para que estudantes expressem movimentos que favoreçam convencer o outro da validade de uma ideia e resolver um conflito de ideias de forma consistente.

Assim, nossos resultados indicam que as atividades de ensino fundamentado em modelagem favoreceram a expressão de movimentos dialógicos relevantes (como evidenciado nos gráficos 6.9, 6.10).

Eles também indicam que esse tipo de atividade favoreceu frequentemente a expressão de movimentos dialógicos que contribuíram para a construção de conhecimentos. 93,0% e 98,5% dos movimentos dialógicos manifestados pelas estudantes de G3 e G6 ao longo de todas as situações de ensino analisadas geraram contribuição para a construção de conhecimentos.

Os principais conhecimentos construídos e aplicados pelas estudantes de ambos os grupos na situação de ensino fundamentado em modelagem em contexto cotidiano estavam relacionados aos mecanismos de:

- seleção e entrega de refrigerantes;
- refrigeração de refrigerantes;

- pagamento e troca; e
- ligação de uma máquina de vender refrigerantes.

Por outro lado, na situação de ensino fundamentado em modelagem em contexto científico, as estudantes de ambos os grupos construíram e utilizaram conhecimentos relacionados principalmente:

- às estruturas de plásticos;
- às propriedades físicas e químicas de diferentes tipos de plásticos; e
- à representação de compostos orgânicos.

Por fim, os principais conhecimentos construídos e aplicados pelas estudantes de ambos os grupos na situação de ensino fundamentado em modelagem em contexto sociocientífico estavam relacionados:

- às estruturas de plásticos,
- às propriedades físicas e químicas de diferentes tipos de plásticos;
- ao processo de reciclagem de determinado tipo de plástico; e
- a outras soluções que poderiam auxiliar na resolução do problema de acúmulo de plásticos em nossa sociedade.

Além desses conhecimentos, os quais estão relacionados à natureza da cada contexto, as estudantes de ambos os grupos construíram e utilizaram conhecimentos relativos à natureza dos modelos e ao processo de modelagem, em específico, sobre:

- o significado de modelos;
- as diferentes formas de representar os modelos;
- os usos dos modelos;
- a abrangência e as limitações dos modelos; e
- as etapas que constituem o processo de modelagem.

A partir do exposto, concluímos que a participação de estudantes em atividades de ensino fundamentado em modelagem tende a favorecer o engajamento dos mesmos em uma argumentação consistente em um processo de construção de conhecimentos. Concluímos também que a integração das práticas científicas de modelar e argumentar tende a contribuir significativamente para a construção de conhecimentos de diferentes

naturezas por estudantes. Essa conclusão fornece suporte à ideia de que trabalhar práticas científicas de forma integrada em salas de aula de Ciências pode potencializar as aprendizagens de Ciências dos estudantes, assim como o desenvolvimento argumentativo, como apontado por outros pesquisadores (como, por exemplo, Krajcik e Merritt, 2012; Reiser *et al.*, 2012; Bybee, 2014; Ferraz e Sasseron, 2017) e também pelo documento americano *A Framework for K-12 Science Education* (NRC, 2012).

## **7.6 Quais são as abrangências e as limitações da ferramenta quando utilizada na análise de situações de ensino de Ciências por investigação?**

Após termos discutido as questões anteriores, somos capazes de discutir nossa segunda questão de pesquisa.

Como relatamos no capítulo 2, um dos desafios do campo da Argumentação na Educação em Ciências é de natureza metodológica. Naquele capítulo, avaliamos criticamente aspectos relacionados à análise da argumentação e à condução das pesquisas que investigam tal temática. Ao final daquela análise, concluímos que havia necessidade de investigar também a argumentação como processo, pois isto pode contribuir para compreender de forma ampla e detalhada as relações entre argumentação e aprendizagem de Ciências e sobre Ciências em diferentes contextos e níveis de ensino, uma vez que neste tipo de investigação não considera apenas o produto, mas também como este foi gerado. Concluímos também que havia necessidade de se construir ferramentas fundamentadas na teoria do diálogo, uma vez que esta favorece a análise da argumentação como processo. Por fim, defendemos que tais pesquisas deveriam utilizar metodologias de coleta e análise de dados claras, consistentes e coerentes com os propósitos da pesquisa pois, caso contrário, poderiam ser produzidos resultados inadequados para os propósitos das mesmas.

Nos fundamentamos em todos os aspectos que criticamos para construir e aplicar a nova ferramenta. Após utilizá-la na análise de situações de ensino de Ciências por investigação, avaliamos que a nova ferramenta possui algumas vantagens.

Uma primeira vantagem é que a nova ferramenta contribui para a compreensão das intenções individuais e coletivas dos estudantes o que, por sua vez, contribui para uma compreensão mais ampla de como estudantes constroem suas ideias durante a argumentação, como constatado neste estudo. Isso é algo importante de ser compreendido pois, em situações regulares de ensino, mesmo que os estudantes saibam o objetivo da atividade (intenção coletiva), eles podem ter outras intenções individuais, mas que podem dar suporte à(s) intenção(ões) coletiva(s). Isso significa que diálogos não são uniformes, isto é, não são constituídos por um mesmo tipo de movimentação dialógica como, por exemplo, por movimentações dialógicas do tipo persuasivo. No entanto, estudos que analisam diálogos argumentativos geralmente buscam caracterizar apenas as intenções coletivas (Asterhan e Babichenko, 2015; Felton *et al.*, 2015), o que pode resultar em uma compreensão menos aprofundada de como os estudantes argumentam.

Além disso, a nova ferramenta possibilita caracterizar o discurso argumentativo para além dos movimentos de refutar, questionar e fornecer suporte a partir de argumentos. Em geral, os estudos que investigam diálogos argumentativos (por exemplo, Kuhn, 2003; Asterhan e Babichenko, 2015; Felton *et al.*, 2015) analisam apenas tais movimentos. No entanto, o ato de argumentar também pode envolver outros movimentos, como os de *deliberar*, *compartilhar informação*, *investigar*, entre outros. Então, tais movimentos também devem ser analisados, pois podem contribuir para que se entenda mais profundamente como os estudantes buscaram atingir o objetivo de uma atividade a partir da argumentação, como observado neste estudo.

A terceira vantagem da nova ferramenta é ela ser constituída de categorias e critérios quasi-lógicos, bem definidos (explicados e justificados) e coerentes com o propósito para o qual foi construída. Por um lado, entendemos que isto não seja uma vantagem propriamente dita, pois uma ferramenta de qualidade deve ter tais características. No entanto, segundo Nielsen (2013), uma das limitações das ferramentas utilizadas e/ou desenvolvidas para dar suporte à análise da argumentação na área de Educação em Ciências se relaciona a elas não expressarem, explicarem e justificarem todos os critérios a serem utilizados na análise. Isso pode contribuir para que o analista tenha dificuldade em utilizá-las e/ou fazê-lo de forma incoerente, produzindo resultados

inconsistentes. Uma outra limitação está relacionada aos instrumentos de análise da argumentação serem limitados para analisar a qualidade de argumentos (Nielsen, 2013). Em nosso estudo, o uso de categorias e critérios quasi-lógicos, bem definidos e coerentes com o propósito para o qual foi construída possibilitou uma análise mais profundada e mais consistente da argumentação dos estudantes e da qualidade da mesma.

Além disso, a nova ferramenta possibilita identificar se, durante o processo argumentativo, houve construção de conhecimentos, como evidenciado neste estudo. Estudos que investigam a argumentação e aprendizagem geralmente utilizam ferramentas diferentes para analisar a argumentação e a aprendizagem dos estudantes. Além disso, as ferramentas para analisar a aprendizagem objetivam principalmente identificar se os estudantes expressam conceitos curriculares coerentes (Jiménez-Aleixandre e Pereiro Muñoz, 2002; Kuhn e Udell, 2003; Clark e Sampson, 2008; Cross *et al.*, 2008; Venville e Dawson, 2010; Schwarz *et al.*, 2011; Asterhan e Babichenko, 2015). Isso pode indicar que os processos de elaboração, desenvolvimento e avaliação de conhecimentos não são valorizados, o que pode ser incoerente com a perspectiva construtivista de ensino e aprendizagem, em que sujeitos operam social e ativamente com os conhecimentos, construindo significados a partir disso.

A quinta vantagem da nova ferramenta se relaciona a ela poder ser utilizada para analisar situações de ensino relacionadas a diferentes contextos, como foi feito neste estudo. Geralmente, as ferramentas são construídas para analisar a argumentação que ocorre no ensino de temas científicos (Kuhn e Udell, 2003; Sandoval, 2005; Clark e Sampson, 2008; Mendonça e Justi, 2014), o que dificulta ou inviabiliza sua utilização em outros tipos de contextos. Por outro lado, a ferramenta aqui apresentada foi desenvolvida de forma que o analista considere o contexto da discussão para avaliar a qualidade argumentativa e identificar se houve a construção de conhecimentos durante o processo argumentativo sem expressar categorias e/ou critérios específicos para cada contexto e nível de ensino. Avaliamos que, tendo essas características, a nova ferramenta pode também ser utilizada em outros níveis de ensino.

Finalmente, a sexta vantagem está relacionada à liberdade que o analista possui para utilizar toda a ferramenta, ou partes dela, visando atingir objetivos específicos de

pesquisa. Por exemplo, ele pode analisar (i) as movimentações dialógicas e as relevâncias destas para todo um diálogo utilizando os níveis de análise 2, 3 e 5; (ii) a argumentação de estudantes utilizando os níveis de análise 1, 2, 3, 4 e 5 ou todos os níveis; ou (iii) as movimentações dialógicas, suas relevâncias e contribuição delas para a construção do conhecimento utilizando os níveis de análise 2, 3, 5 e 6. Neste estudo, utilizamos todos os níveis que constituem a ferramenta, pois, caso contrário, não conseguíamos responder nossas cinco últimas questões de pesquisa.

No que diz respeito às limitações da nova ferramenta, identificamos duas até o momento. A primeira está relacionada à sua complexidade, pois além de ter seis níveis de análise, possui 28 categorias. Portanto, o analista deve ter cautela e paciência ao utilizar esta ferramenta.

A segunda limitação se relaciona à distinção entre *Movimento Dialógico de descoberta* (MDdes) e *Movimento Dialógico persuasivo* (MDper) no diálogo. Ao realizar a análise, algumas vezes (quatro em cada grupo), não conseguimos diferenciar o MDdes do MDper ao utilizar as definições desses movimentos e analisar todo o contexto.

Por exemplo, na situação argumentativa 12.2, que ocorreu durante a Atividade 12, as estudantes e PQ3 estavam discutindo sobre se qualquer material poderia ser reciclado. Nesse contexto, as estudantes afirmaram que não era qualquer material que poderia ser reciclado e PQ3 perguntou o porquê. Uma das integrantes do grupo respondeu dizendo que nem todo material funde e suas colegas concordaram com sua resposta. Nesse exemplo, notamos que não é possível diferenciar se a questão elaborada por PQ3 solicitou uma explicação ou uma justificativa a partir do uso das definições de MDper e MDdes e da análise contextual de toda a situação argumentativa. No entanto, como fui eu, PQ3, quem fez tal questão, eu sabia qual era a intenção da mesma, o que nos permitiu classificar o movimento. Mas, reconhecemos que nem sempre o analista será um pesquisador ativo na coleta de dados ou terá feito todas as questões. Reconhecemos também que não é novidade que pesquisadores que investigam a temática Argumentação no ensino de Ciências têm dificuldade de distinguir explicação de argumentação (como comentado por Berland e McNeill (2012)), uma vez que tais movimentos estão fortemente entrelaçados nas discussões em sala de aula. Por outro lado, constatamos que o uso da nova ferramenta

possibilitou distinguir a maior parte dos MDper e MDdes expressos pelas estudantes, professora e pesquisadoras, o que indica seu grande potencial para diferenciar tais movimentos.

## 7.7 Considerações sobre as conclusões

As conclusões apresentadas neste capítulo iluminaram as discussões sobre as implicações desse trabalho para o ensino e a pesquisa. Principalmente, essas conclusões nos deram *insights* sobre a sugestão de criar e aplicar atividades de modelagem que envolvam diferentes contextos, assim como sobre as novas relações que podem ser analisadas e discutidas por pesquisadores interessados em utilizar a nova ferramenta em contextos de ensino de Ciências por investigação. Esses *insights* são apresentados e discutidos em detalhes no próximo capítulo.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao caminharmos para o final deste texto, apresentamos as implicações deste trabalho para o ensino e a pesquisa.

Julgamos que as contribuições desta pesquisa para o ensino estão relacionadas à recomendação de que o professor construa e aplique atividades de modelagem que envolvam diferentes contextos. Isso porque a participação em tais atividades pode contribuir para que os estudantes:

- i. argumentem de forma consistente e construam conhecimentos em virtude de oferecer a eles oportunidades de: se engajar em várias situações argumentativas e diálogos; manifestar movimentações dialógicas e meta-dialógicas; atacar a conclusão (ou parte dela), as razões (todas ou uma delas) e a relação entre razões e conclusão por meio de questões, argumentos e razões; defender e sustentar suas ideias/hipóteses/soluções a partir de relação de suporte direta; e
- ii. tenham oportunidades de se engajar em diferentes diálogos e movimentações dialógicas e meta-dialógicas nas situações argumentativas em um processo de construção de conhecimentos.

Tais oportunidades podem oferecer condições para os estudantes atuarem de forma crítica e reflexiva nas discussões que envolvem naturezas e objetivos distintos, o que pode contribuir para sua formação como cidadãos.

No que diz respeito às contribuições deste estudo para a pesquisa, elas estão relacionadas à construção e aplicação da nova ferramenta fundamentada em aspectos da teoria do diálogo que visa analisar o processo argumentativo. Como mencionamos no capítulo 2, há poucos trabalhos que buscaram fazer isto em nossa área. No caso do uso de aspectos da teoria do diálogo de Walton, encontramos apenas o nosso estudo inicial (Martins e Justi, 2019b).

A construção da nova ferramenta favoreceu a ampliação do conceito de argumentação. Para nós, o ato de argumentar é uma atividade verbal, não-verbal, social e racional que, além de envolver os movimentos de refutar, questionar e fornecer suporte a partir de argumentos, isto é, os *Movimentos Dialógicos persuasivo e persuasivo de disputa*,

pode envolver outros movimentos dialógicos, como os de *deliberar, compartilhar informações, investigar*, como evidenciado neste estudo.

Por outro lado, a aplicação da nova ferramenta contribuiu para o objetivo para o qual ela foi criada, pois possibilitou a compreensão do processo argumentativo vivenciado pelas estudantes e a identificação de se houve a construção de conhecimentos pelas mesmas durante tal processo. Mas para que possamos compreender de maneira aprofundada suas abrangências e limitações, sugerimos que a nova ferramenta seja utilizada em outros tipos de atividades investigativas.

Este capítulo teve o objetivo de apontar as possíveis contribuições deste trabalho que vislumbro no momento. Reconheço que ele marca o fim desta tese, mas não das investigações sobre esse tema, uma vez que identificar as contribuições e implicações pode resultar em novas inquietações e de apontar novos contextos de investigação nos quais a integração entre a pesquisa e o ensino possa ser efetivada. Organizar essas inquietações transformando-as em novas questões de pesquisas e em ações para desenvolver, por exemplo, currículos da Educação Básica, são os desafios que enfrentarei daqui para a frente. Espero que desafios como estes contribuam para me recordar que a melhor parte de ser pesquisadora é saber que nunca estaremos prontos, finalizados...

## 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.

ALBE, V. When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussion on a socio-scientific issue. **Research in Science Education**, v. 38, n. 1, p. 67-90, 2008.

ALLCHIN, D. Beyond the Consensus View: Whole Science. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 17, n. 1, p. 18-26, 2017.

ASTERHAN, C.; BABICHENKO, M. The Social Dimension of Learning Through Argumentation: Effects of Human Presence and Discourse Style. **Journal of Educational Psychology**, v. 107, n. 3, p. 740-755, 2015.

ASTERHAN, C.; SCHWARZ, B. Argumentation for Learning: Well-Trodden Paths and Unexplored Territories. **Educational Psychologist** v. 51, n. 2, p. 164-187, 2016.

BAEK, H.; SCHWARZ, C. The Influence of Curriculum, Instruction, Technology, and Social Interactions on Two Fifth-Grade Students' Epistemologies in Modeling Throughout a Model-Based Curriculum Unit. **Journal of Science Education and Technology**, v. 24, n. 2-3, p. 216-233, 2015.

BAKER, M. Argumentative Interactions and the Social Construction of Knowledge. In: MIRZA, N. M. e PERRET-CLERMONT, A.-N. (Ed.). **Argumentation and Education: Theoretical Foundations and Practices**. Dordrecht: Springer, 2009. p.127-144.

BARAB, S. A.; HAY, K. E.; BARNETT, M.; KEATING, T. Virtual Solar System Project: Building Understanding through Model Building. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 7, p. 719-756, 2000.

BAUMFALK, B.; BHATTACHARYA, D.; FORBES, C.; ZANGORI, L.; SCHWARZ, C. Impact of Model-Based Science Curriculum and Instruction on Elementary Students' Explanations for the Hydrosphere. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 56, n. 5, p. 570-597, 2019.

BELEI, R. A; GIMENIZ-PASCHOAL, S. R.; NASCIMENTO, E. N.; MATSUMOTO, P. H. V. R. O Uso de Entrevista, Observação e Vídeogravação em Pesquisa Qualitativa. **Cadernos de Educação**, v. 1, n. 30, p. 187-199, 2008.

BELL, P.; LINN, M. Scientific arguments as learning artifacts: designing for learning from the web with KIE. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 8, p. 797-817, 2000.

BELL, R.; LEDERMAN, N. G. Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. **Science Education**, v. 87, n. 3, p. 352-377, 2003.

BEN-ZVI, R.; EYLON, B.; SILBERSTEIN, J. Student's visualization of a chemical reaction. **Education in Chemistry**, p. 117-120, 1987.

BERLAND, L. K.; REISER, B. J. Making Sense of Argumentation and Explanation. **Science Education**, v. 93, n. 1, p. 26-55, 2009.

BLANCO-ANAYA, P.; JUSTI, R.; BUSTAMANTE, J. D. Challenges and opportunities in analysing students modelling. **International Journal of Science Education** v. 39, n. 3, p. 377-402, 2017.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.

BORTOLETTO, A.; CARVALHO, W. L. P. **Temas sócio-científicos: análise dos processos argumentativos num contexto escolar**. VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis 2009.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: SEMTEC-CNE, 2018.

BYBEE, R. W. Scientific and engineering practices in K–12 classrooms: Understanding A Framework for K–12 Science Education. **The Science Teacher**, v. 79, n. 9, p. 34-40, 2011.

\_\_\_\_\_. NGSS and the next generation of science teachers. **Journal of Science Teacher Education**, v. 25, n. 2, p. 211-221, 2014.

CARVALHO, A. P. **Ensino de Ciências por Investigação**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CLARK, D.; SAMPSON, V. Analytic Frameworks for Assessing Dialogic Argumentation in Online Learning Environments. **Educational Psychology Review**, v. 19, n. 3, p. 343-374, 2007a.

\_\_\_\_\_. Personally-seeded discussions to scaffold online argumentation. **International Journal of Science Education**, v. 29, n. 3, p. 253-277, 2007b.

\_\_\_\_\_. Assessing dialogic argumentation in online environments to relate structure, grounds, and conceptual quality. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 45, n. 3, p. 293-321, 2008.

CLEMENT, J. J. Model based learning as a key research area for science education. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 9, p. 1041-1053, 2000.

\_\_\_\_\_. Student/Teacher Co-construction of Visualizable Models in Large Group Discussion. In: CLEMENT, J. J. e REA-RAMIREZ, M. A. (Ed.). **Model Based Learning and Instruction in Science**. Dordrecht: Springer, 2008. p.11-22.

CLEMENT, J. J.; REA-RAMIREZ, M. A. **Model Based Learning and Instruction in Science**. Dordrecht: Springer, 2008.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**. 7th. London: Routledge, 2011.

CROSS, D.; TAASOBSHIRAZI, G.; HENDRICKS, S.; HICKEY, D. Argumentation: A strategy for improving achievement and revealing scientific identities. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 6, p. 837-861, 2008.

DELORS, J.; AL-MUFTI, I.; AMAGI, I.; CARNEIRO, R.; CHUNG, F.; GEREMEK, B.; GORHAM, W.; KORNHAUSER, A.; MANLEY, M.; QUERO, M. P.; SAVANÉ, M.; SINGH, K.; STAVENHAGEN, R.; SUHR, M. W.; NANZHAO, Z. Educação: um tesouro a descobrir, relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI. In: DELORS, J. (Ed.). **Educação: um tesouro a descobrir**. São Paulo: UNESCO, 1999.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MOTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico em sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 9, n. 31, p. 31-40, 1999.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. **Science Education**, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.

DUSCHL, R. **Designing Knowledge-Building Practices in 3 Part Harmony: Coordinating Curriculum Instruction-Assessment with Conceptual Epistemic-Social Learning Goals**. Encontro de Ensino de Ciências por Investigação. Universidade de São Paulo 2017.

DUSCHL, R.; BISMACK, A.; GREENO, J.; GITOMER, D. Coordinating PreK-16 STEM Education Research and Practices for Advancing and Refining Reform Agendas. In: DUSCHL, R. e BISMACK, A. (Ed.). **Reconceptualizing STEM Education: The Central Role of Practices**. New York: Routledge, 2016.

DUSCHL, R.; ELLENBOGEN, K. **Understanding dialogic argumentation among middle school science students**. The Annual Conference of American Educational Research Association. Montreal 1999.

DUSCHL, R.; GRANDY, R. E. Two views about explicitly teaching nature of science. **Science & Education**, v. 22, n. 9, p. 2109-2139, 2013.

DUSCHL, R.; OSBORNE, J. Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. **Studies in Science Education**, v. 38, n. 1, p. 39-72, 2002.

ERDURAN, S. Methodological Foundations in the Study of Argumentation in Science Classrooms Argumentation. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-based Research**. Dordrecht: Springer, 2008. p.47-69.

ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **Argumentation in Science Education- Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008.

ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPping into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Discourse. **Science Education**, v. 88, n. 6, p. 915-933, 2004.

FADZIL, H. M. Exploring Early Childhood Preservice Teachers' Problem-Solving Skills through Socioscientific Inquiry Approach. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v. 18, n. 1, p. 1-19, 2017.

FELTON, M.; GARCIA-MILA, M.; VILLARROEL, C.; GILABERT, S. Arguing collaboratively: Argumentative discourse types and their potential for knowledge building. **British Journal of Educational Psychology**, v. 85, n. 3, p. 372-386, 2015.

FERRAZ, A.; SASSERON, L. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 1, p. 42-60, 2017.

FORTUS, D.; SHWARTZ, Y.; ROSENFELD, S. High School Students' Meta-Modeling Knowledge. **Research in Science Education**, v. 46, n. 6, p. 787-810, 2016.

FRANCO, L. G. S.; MUNFORD, D. Learning to Use Evidence in Elementary School Over Time: A Study of the Discursive Construction of Ways of Answering Questions in Science Lessons. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, p. 689-715, 2017.

\_\_\_\_\_. A análise de interações discursivas em aulas de ciências: ampliando perspectivas metodológicas na pesquisa em argumentação. **Educação em Revista**, v. 34, n. 1, p. 1-31, 2018.

GENTNER, D. Structure-mapping: a theoretical framework for analogy. **Cognitive Science**, v. 7, n. 2, p. 155-170, 1983.

GILBERT, J. K. 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. K.; BOULTER, C. J.; ELMER, R. Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In: GILBERT, J. K. e BOULTER, C. J. (Ed.). **Developing Models in Science Education**. Dordrecht: Kluwer, 2000. p.3-17.

GILBERT, J. K.; JUSTI, R. **Modelling-Based Teaching in Science Education** Basel, Switzerland: Springer International Publishing, 2016.

GOMES, A. D. T.; BORGES, A. T.; JUSTI, R. Students' Performance in Investigative Activities and Their Understanding of Activities Aims. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 1, p. 109-135, 2008.

GROOMS, J.; SAMPSON, V.; GOLDEN, B. Comparing the Effectiveness of Verification and Inquiry Laboratories in Supporting Undergraduate Science Students in Constructing Arguments Around Socioscientific Issues. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 9, p. 1412-1433, 2014.

GUMPERZ, J. J. Convenções de contextualização. In: RIBEIRO, B. T. e GARCEZ, P. M. (Ed.). **Sociolinguística interacional**. 2 Ed. São Paulo: Loyola, 2002. p.149-182.

HARRIS, R.; RATCLIFFE, M. Socio-scientific issues and the quality of exploratory talk what can be learned from schools involved in a 'collapsed day' project? **The Curriculum Journal**, v. 16, n. 4, p. 439-453, 2005.

HENDERSON, J. B.; MCNEILL, K. L.; GONZALEZ-HOWARD, M. Key Challenges and Future Directions for Educational Research on Scientific Argumentation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 55, n. 1, p. 5-18, 2017.

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

HODSON, D.; WONG, S. L. From the Horses' Mouth: Why scientists' views are crucial to nature of science understanding. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 16, p. 2639-2665, 2014.

HOKAYEM, H.; SCHWARZ, C. Engaging Fifth Graders in Scientific Modeling to Learn about Evaporation and Condensation. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 12, n. 1, p. 49-72, 2014.

IRZIK, G.; NOLA, R. 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. **10 Ideas Clave: Competencias en argumentación y uso de pruebas**. Barcelona: Graó, 2010.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BUGALLO RODRÍGUEZ, A.; DUSCHL, R. "Doing the Lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics. **Science & Education**, v. 84, n. 6, p. 757-792, 2000.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; PEREIRO MUÑOZ, C. Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 11, p. 1171-1190, 2002.

JOHNSTONE, A. H. Macro- and microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

JUSTI, R.; ERDURAN, S. Characterizing Nature of Science: A Supporting Model for Teachers. IHPST Thirteenth Biennial International Conference. Rio de Janeiro 2015.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. 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.; MARTINS, M.; IBRAIM, S. S. Uma proposta Alternativa de Análise para Argumentação. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 35, n. Extra, p. 4479-4483, 2017.

KÄRKKÄINEN, S.; KEINONEN, T.; KUKKONEN, J.; JUNTUNEN, S.; RATINEN, I. The effects of socio-scientific issue based inquiry learning on pupils' representations of landscape. **Environmental Education Research**, v. 23, n. 8, p. 1072-1087, 2017.

KECSKES, I.; ZHANG, F. Activating, seeking, and creating common ground: A socio-cognitive approach. **Pragmatics & Cognition**, v. 17, n. 2, p. 331-355, 2009.

KELLY, G. Inquiry teaching and learning: Philosophical considerations. In: MATTHEWS, M. (Ed.). **Handbook of Historical and Philosophical Studies in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2014.

KELLY, G.; DRUKER, S.; CHEN, C. Student's Reasoning about Electricity: Combining Performance Assessments with Argumentation Analysis. **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 7, p. 849-871, 1998.

KELLY, G.; TAKAO, A. Epistemic Levels in Argument: An Analysis of University Oceanography Students' Use of Evidence in Writing. **Science Education**, v. 86, n. 3, p. 314-342, 2002.

KENYON, L.; REISER, B. J. **A Functional Approach to Nature of Science: Using Epistemological Understandings to Construct and Evaluate Explanations.** American Educational Research Association. San Francisco 2006.

KHISHFE, R. Relationship Between Nature of Science Understandings and Argumentation Skills: A Role for Counterargument and Contextual Factors. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 49, n. 4, p. 489-514, 2012.

\_\_\_\_\_. Explicit Nature of Science and Argumentation Instruction in the Context of Socioscientific Issues: An effect on student learning and transfer. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 6, p. 974-1016, 2014.

KHISHFE, R.; ALSHAYA, F. S.; BOUJAOUDE, S.; MANSOUR, N.; ALRUDIYAN, K. I. Students' understandings of nature of science and their arguments in the context of four socio-scientific issues. **International Journal of Science Education**, v. 39, n. 3, p. 299-334, 2017.

KIM, M.; ANTHONY, R.; BLADES, D. Decision Making Through Dialogue: a Case Study of Analysing Preservice Teachers' Argumentation on Socioscientific Issues. **Research in Science Education**, v. 44, n. 6, p. 903-926, 2014.

KONSTANTINIDOU, A.; MACAGNO, F. Understanding Students' Reasoning: Argumentation Schemes as an Interpretation Method in Science Education. **Science & Education**, v. 22, n. 5, p. 1069-1087, 2013.

KORTLAND, K. An STS Case Study about Students' Decision Making on the Waste Issue. **Science Education**, v. 80, n. 6, p. 673-689, 1996.

KRAJCIK, J.; MERRITT, J. Engaging students in scientific practices: what does constructing and revising models look like in the science classroom? **Science Scope**, v. 35, n. 7, p. 6-8, 2012.

KUHN, D. A Developmental Model of Critical Thinking. **Educational Researcher**, v. 28, n. 2, p. 16-25, 1999.

KUHN, D. Understanding and Valuing Knowing as Developmental Goals. **Liberal Education**, v. Summer 2003, p. 16-21, 2003.

KUHN, D.; UDELL, W. The Development of Argument Skills. **Child Development**, v. 74, n. 5, p. 1245-1260, 2003.

KUTLUCA, A. Y.; AYDIN, A. Changes in Pre-service Science Teachers' Understandings After Being Involved in Explicit Nature of Science and Socioscientific Argumentation Processes. **Science & Education**, v. 26, n. 6, p. 637-668, 2017.

LAZAROU, D.; SUTHERLAND, R.; ERDURAN, S. Argumentation in science education as a systemic activity: An activity-theoretical perspective. **International Journal of Educational Research**, v. 79, n. special issue, p. 150-166, 2016.

LEACH, J.; SCOTT, P. Teaching for conceptual understanding : an approach drawing on individual and sociocultural perspectives. In: VOSNIADOU, S. (Ed.). **International Handbook of Research on Conceptual Change**. New York and London: Routledge, 2008. p.647-675.

LEDERMAN, N. G. Students' and teachers' conceptions about the nature of science: A review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LEMKE, J. L. **Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores**. Barcelona: Paidós, 1997.

LOUCA, L. T.; ZACHARIA, Z. C.; CONSTANTINO, C. P. In Quest of Productive Modeling-Based Learning Discourse in Elementary School Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 48, n. 8, p. 919-951, 2011.

LUDKE, M.; PUGGIAN C.; CEPPAS, F.; CAVALCANTE, R. L. A.; COELHO, S. L. B. **O professor e a pesquisa**. Campinas: Papirus, 2001.

MACAGNO, F. Assessing relevance. **Lingua**, v. 210-211, n. 1, p. 42-64, 2018.

\_\_\_\_\_. Coding Relevance. **Learning, Culture and Social Interaction**, p. 1-15, 2019.

MACAGNO, F.; BIGI, S. Analyzing the pragmatic structure of dialogues. **Discourse Studies**, v. 19, n. 2, p. 148-168, 2017.

MACAGNO, F.; KONSTANTINIDOU, A. What students' arguments can tell us. Using argumentation schemes in science education. **Argumentation**, v. 27, n. 3, p. 225-243, 2013.

MACAGNO, F.; MAYWEG-PAUS, E.; KUHN, D. Argumentation Theory in Education Studies: Coding and Improving Students' Argumentative Strategies. **Topoi**, v. 34, n. 2, p. 523-537, 2015.

MAIA, P. F.; JUSTI, R. Desenvolvimento de Habilidades no Ensino de Ciências e o Processo de Avaliação: Análise da Coerência. **Ciência e Educação**, v. 14, n. 3, p. 431-450, 2008.

\_\_\_\_\_. Desenvolvimento de habilidades em atividades de modelagem. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 27, n. extra, p. 776-779, 2009a.

\_\_\_\_\_. Learning of Chemical Equilibrium through Modelling-Based Teaching. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 5, p. 603-630, 2009b.

MARTINS, M.; IBRAIM, S. S.; MENDONÇA, P. C. C. Esquemas Argumentativos de Walton na análise de argumentos de professores de química em formação inicial. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 2, p. 49-72, 2016.

MARTINS, M.; JUSTI, R. Análise de Argumentos a partir de uma Nova Perspectiva. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Águas de Lindóia 2015.

\_\_\_\_\_. Uma Nova Metodologia para Analisar Raciocínios Argumentativos. **Ciência & Educação**, v. 23, n. 1, p. 7-27, 2017.

\_\_\_\_\_. Analysing the relationships between students argumentative reasoning and their views on nature of science. 3rd International Congress of the Portuguese Philosophical Society. Covilhã 2018.

\_\_\_\_\_. Analysis of the relations between students' argumentation and their views on nature of science. **Learning, Culture and Social Interaction**, p. 1-28, 2019a.

\_\_\_\_\_. An Instrument for Analyzing students' Argumentative Reasoning in the Discussion of Socio-Scientific Controversies. **International Journal of Science Education**, v. 41, n. 6, p. 713-738, 2019b.

MAYWEG-PAUS, E.; MACAGNO, F.; KUHN, D. Developing argumentation strategies in electronic dialogs: Is modeling effective? **Discourse Processes** v. 53, n. 4, p. 280-297, 2015.

MCDONALD, C. V. The Influence of Explicit Nature of Science and Argumentation Instruction on Preservice Primary Teachers' Views of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 47, n. 9, p. 1137-1164, 2010.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. 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.

\_\_\_\_\_. The Relationships between Modelling and Argumentation from the Perspective of the Model of Modelling Diagram. **International Journal of Science Education**, v. 35, n. 14, p. 2007-2034, 2013.

\_\_\_\_\_. An Instrument for Analyzing Arguments Produced in Modeling-Based Chemistry Lessons. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 51, n. 2, p. 192-218, 2014.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R.; OLIVEIRA, M. M. Analogias sobre Ligações Químicas Elaboradas por Alunos do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 6, n. 1, p. 35-54, 2006.

MERRIAM, S. B. **Qualitative Research - A guide to Design and Implementation**. San Francisco: Jossey-Bass, 2009.

MONTEIRA, S. F.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. The Practice of Using Evidence in Kindergarten: The Role of Purposeful Observation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 52, n. 6, p. 1-27, 2015.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. **Meaning Making in Secondary Science Classrooms**. Maidenhead: Open University Press, 2003.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. Students' pre- and post-teaching analogical reasoning when they draw their analogies. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 3, p. 429-458, 2012.

\_\_\_\_\_. Science Teachers' Analogical Reasoning. **Research in Science Education**, v. 43, n. 4, p. 1689-1713, 2013.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. Modelagem Analógica no Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 1, p. 155-182, 2018.

NIELSEN, J. A. Co-Opting Science: A Preliminary Study of How Students Invoke Science in Value-Laden Discussions. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 2, p. 277-299, 2012a.

\_\_\_\_\_. Science in Discussions: An Analysis of the Use of Science Content in Socioscientific Discussions. **Science Education**, v. 96, n. 3, p. 428-456, 2012b.

\_\_\_\_\_. Dialectical Features of Students' Argumentation: A Critical Review of Argumentation Studies in Science Education. **Research in Science Education**, v. 43, n. 1, p. 371-393, 2013.

NRC. **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. Washington: The National Academies Press 2012.

NUSSBAUM, E. M. Argumentation, Dialogue Theory, and Probability Modeling: Alternative Frameworks for Argumentation Research in Education. **Educational Psychologist**, v. 46, n. 2, p. 84-106, 2011.

OGAN-BEKIROGLU, F.; ESKIN, H. Examination of the Relationship between Engagement in Scientific Argumentation and Conceptual Knowledge. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 10, n. 6, p. 1415-1443, 2012.

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. 3, n. 17, p. 903-929, 2017.

OLIVEIRA, D.; JUSTI, R.; MENDONÇA, P. C. C. The Use of Representations and Argumentative and Explanatory Situations. **International Journal of Science Education**, v. 37, n. 9, p. 1402-1435, 2015.

OSBORNE, J. Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. **Journal of Science Teacher Education**, v. 25, n. 2, p. 177-196, 2014.

\_\_\_\_\_. Defining a Knowledge base for reasoning in science: The role of procedural and epistemic knowledge. In: DUSCHL, R. A. e BISMARCK, A. S. (Ed.). **Reconceptualizing STEM Education: the central role of practice**. New York: Routledge, 2016. p. 215-231.

OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S. Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n. 10, p. 994-1020, 2004.

OSBORNE, J.; SIMON, S.; CHRISTODOULOU, A.; HOWELL-RICHARDSON, C.; RICHARDSON, K. Learning to Argue: A Study of Four Schools and Their Attempt to Develop the Use of Argumentation as a Common Instructional Practice and its Impact on Students. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 50, n. 3, p. 315-347, 2013.

OZDEM, Y.; ERTEPINAR, H.; CAKIROGLU, J.; ERDURAN, S. The Nature of Pre-service Science Teachers' Argumentation in Inquiry-oriented Laboratory Context. **International Journal of Science Education**, v. 35, n. 15, p. 2559-2586, 2013.

PASSMORE, C. M.; SVOBODA, J. Exploring Opportunities for Argumentation in Modelling Classrooms. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 10, p. 1535-1554, 2012.

PATRONIS, T.; POTARI, D.; SPILIOPOULOU, V. Students Argumentation in Decision-Making on a Socio-Scientific Issue: Implications for Teaching. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 7, p. 745-754, 1999.

POZO, R. M. Prospective teacher's ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter. **International Journal of Science Education**, v. 23, n. 4, p. 353-371, 2001.

PRINS, G. T.; BULTE, A. M. W.; PILOT, A. An Activity-Based Instructional Framework for Transforming Authentic Modeling Practices into Meaningful Contexts for Learning in Science Education. **Science Education**, v. 100, n. 6, p. 1092-1123, 2016.

PRINS, G. T.; BULTE, A. M. W.; VAN DRIEL, J.; PILOT, A. Selection of Authentic Modelling Practices as Contexts for Chemistry Education. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 14, p. 1867-1890, 2008.

PUIG, B.; AGEITOS, N.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Learning Gene Expression through Modelling and Argumentation: A Case Study Exploring the Connections between the Worlds of Knowledge. **Science & Education**, v. 26, n. 10, p. 1193-1222, 2017.

REINER, M.; GILBERT, J. K. Epistemological resources for thought experimentation in science learning. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 5, p. 489-506, 2000.

REISER, B. J.; BERLAND, L. K.; KENYON, L. Engaging Students in the Scientific Practices of Explanation and Argumentation Understanding A Framework for K–12 Science Education. **Science and Children**, v. 49, n. 8, p. 8-13, 2012.

RYU, S.; SANDOVAL, W. A. Improvements to Elementary Children's Epistemic Understanding From Sustained Argumentation. **Science Education**, v. 96, n. 3, p. 488-526, 2012.

SADLER, T. D. Situating Socio-scientific Issues in Classrooms as a Means of Achieving Goals of Science Education. In: SADLER, T. D. (Ed.). **Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research**. New York: Springer, v.39, 2011. p.1-9.

SANDOVAL, W. A. Understanding Students' Practical Epistemologies and Their Influence on Learning Through Inquiry. **Science Education**, v. 89, n. 4, p. 634-656, 2005.

SANDOVAL, W. A.; MILLWOOD, K. A. The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. **Cognition and Instruction**, v. 23, n. 1, p. 23-55, 2005.

\_\_\_\_\_. What Can Argumentation Tell Us About Epistemology? In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education- Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008. p.71-88.

SANDOVAL, W. A.; MORRISON, K. High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 40, n. 4, p. 369-392, 2003.

SANTOS, M. A. R. **Compreendendo Visões de Estudantes sobre Ciências e suas Relações com o Ensino Fundamentado em Modelagem em Contextos Cotidiano, Científico e Sociocientífico**. 2019. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SASSERON, L.; CARVALHO, A. M. P. Ações e Indicadores da Construção do Argumento em Aula de Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 2, p. 169-189, 2013.

SCHWARTZ, R. S.; LEDERMAN, N. G. What Scientists Say: Scientists' views of nature of science and relation to science context. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 6, p. 727-771, 2008.

SCHWARZ, B.; LINCHEVSKI, L. The role of task design and argumentation in cognitive development during peer interaction: The case of proportional reasoning. **Learning and Instruction**, v. 17, n. 5, p. 510-531, 2007.

SCHWARZ, B.; SCHUR, Y.; PENSSO, H.; TAYER, N. Perspective taking and argumentation for learning the day/night cycle. **International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning**, v. 6, n. 1, p. 113-138, 2011.

SCHWARZ, C. V.; REISER, B.J.; DAVIS, E. A.; KENYON, L.; ACHÉR, A.; FORTUS, D.; SCHWARTZ, Y.; HUG, B.; KRAJCIK, J. Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 46, n. 6, p. 632-654, 2009.

SHIM, S.; KIM, H. Framing negotiation: Dynamics of epistemological and positional framing in small groups during scientific modeling. **Science Education**, v. 102, n. 1, p. 128-152, 2018.

SIMON, S.; ERDURAN, S.; OSBORNE, J. Learning to Teach Argumentation: Research and Development in the Science Classroom. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 2, p. 235-260, 2006.

SOUTO, A. P. S.; MUNFORD, D. Disagreement in 'ordinary' teaching interactions: A study of argumentation in a science classroom. In: (Ed.). **Topics and Trends in Current Science Education: 9th ESERA Conference Selected Contributions**. New York: Springer, 2014. p.453-468.

\_\_\_\_\_. Argumentação e a construção de oportunidades de aprendizagem em aulas de ciências. **Revista Ensaio**, v. 17, n. especial, p. 161-185, 2015.

SPRADLEY, J. **Participant Observation**. New York: Holt, 1980.

TOULMIN, S. **The Uses of Argument**. New York: Cambridge University Press, 1958.

VAN EEMEREN, F. H.; GROOTENDORST, R. **A systematic theory of argumentation: The pragma-dialectical approach**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

VAN EEMEREN, F. H.; GROOTENDORST, R.; HENKEMANS, F. S. **Argumentation: Analysis, Evaluation, Presentation**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2002.

VENVILLE, G. J.; DAWSON, V. M. The Impact of a Classroom Intervention on Grade 10 Students' Argumentation Skills, Informal Reasoning, and Conceptual Understanding of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 47, n. 8, p. 952-977, 2010.

VON AUFSCHNAITER, C.; ERDURAN, S.; OSBORNE, J.; SIMON, H. A. Arguing to Learn and Learning to Argue: Case studies of how students' argumentation relates to their

scientific knowledge. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 45, n. 1, p. 101-131, 2008.

VYGOTSKY, L. S. **Mind and Society: The development of higher mental processes**. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

\_\_\_\_\_. **Thought and Language**. Revised. Cumberland, USA: MIT Press, 1986.

WALKER, K. A.; ZEIDLER, D. L. The role of students' understanding of nature of science in debate activity: Is there one? Conference of the National Association for Research in Science Teaching. Vancouver 2004.

WALTON, D. **Fundamentals of Critical Argumentation**. New York: Cambridge University Press, 2006.

\_\_\_\_\_. Types of Dialogue and Burdens of Proof. In: BARONI, P.; CERUTTI, F., et al (Ed.). **Computational Models of Argument**. Amsterdam: IOS Press, 2010. p.13-24.

\_\_\_\_\_. **Abductive Reasoning**. Tuscaloosa, Alabama: University Alabama Press, 2014.

WALTON, D.; MACAGNO, F. Profiles of Dialogue for Relevance. **Informal Logic**, v. 36, n. 4, p. 523-562, 2017.

WALTON, D.; REED, C.; MACAGNO, F. **Argumentation Schemes**. New York: Cambridge University Press, 2008.

WU, H.-K.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 7, p. 821-842, 2001.

ZEIDLER, D. L.; WALKER, K. A.; ACKETT, W. A.; SIMMONS, M. L. Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. **Science Education**, v. 86, n. 3, p. 343-367, 2002.

ZOHAR, A.; NEMET, F. Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 1, p. 35-62, 2002.

## APÊNDICE 1

### 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 situações ocorridas com uma máquina de vender refrigerantes, assim como os aspectos observados em cada uma delas.

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

**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?**<sup>58</sup>
2. Em caso de resposta **afirmativa** à **questão 1**:
 

Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é o mais adequado para explicar essas observações?
3. Em caso de resposta **negativa** à **questão 1**, reformule o modelo de modo que ele consiga justificar 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?

<sup>58</sup> 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

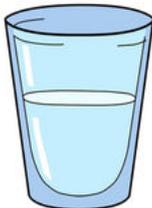
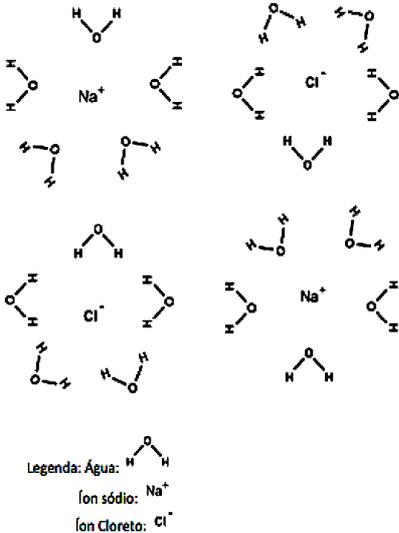
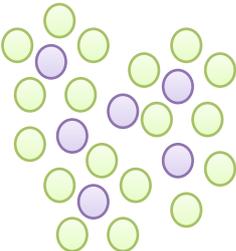
Em partes

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

A seguir são apresentadas três formas de representação (I, II e III) para o fenômeno de dissolução do sal em água. Observe cada uma delas e responda as questões que se seguem.

Representação I	Representação II	Representação III
		 <p>Legenda: Sal de Cozinha </p> <p>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 a dissolução do sal em água da mesma maneira? **Por quê?**
3. Quais aspectos da dissolução do sal em água as representações não levam em consideração?

Representação I:

Representação II:

Representação II:

4. Se você precisasse explicar o fenômeno de dissolução do sal em água para um amigo, qual representação utilizaria? **Por quê?**
5. Dê um exemplo de situação em que cada representação pode ser utilizada.

Representação I:

Representação II:

Representação II:



## 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**.

<b>Objetos</b>	<b>Previsões</b>
Sacola	
Carcaça de TV	

**Quadro 6.1.** Previsões antes da tentativa de dobrar os objetos.

1. Como você justifica suas previsões?

Tente dobrar cada um dos materiais. Anote suas observações no **quadro 6.2**.

<b>Objetos</b>	<b>Observações</b>
Sacola	
Carcaça de TV	

**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(s) modelo(s) 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(s) modelo(s) do seu grupo é(são) mais adequado(s) 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**.

<b>Objetos</b>	<b>Previsões antes do aquecimento</b>
Sacola	
Carcaça de TV	

**Quadro 8.1.** Previsões relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o 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**.

<b>Objetos</b>	<b>Observações após o aquecimento</b>
Sacola	
Carcaça de TV	

**Quadro 8.2.** Observações relacionadas aos comportamentos da sacola e carcaça de TV após o seu aquecimento.

2. As observações feitas após o experimento 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(s) modelo(s) do seu grupo é(são) mais adequado(s) 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(s) novo(s) modelo(s) e responda:
  - a) Como o(s) novo(s) modelo(s) é (são) capaz(es) de explicar essas observações?
  - b) Convença os outros grupos de que seu(s) novo(s) modelo(s) é(são) mais adequado(s) para explicar essas observações.

## Atividade 9 – Utilizando os 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**.

Procedimento	Previsões
Tentativa de dobrar	
Aquecimento	

**Quadro 9.1:** Previsões relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento.

1. O pneu terá comportamento mais parecido com o da sacola ou com o da carcaça de TV? **Por quê?**

Agora tente-o dobrar e observe o vídeo do aquecimento do pedaço de pneu. Anote suas observações no **quadro 9.2**.

Procedimento	Observações
Tentativa de dobrar	
Aquecimento	

**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 do experimento 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(s) modelo(s) do seu grupo é(são)

*mais adequado(s) 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(s) novo(s) modelo(s) e responda:
- a) Como o(s) novo(s) modelo(s) é (são) capaz(es) de explicar essas observações?
  - b) Caso você tenha utilizado materiais diferentes, **justifique** sua nova opção.
  - c) 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(ns) 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 do 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 durante o processo de reciclagem desse objeto plástico? Em caso afirmativo, **como? Quais** são 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 são as vantagens do processo de reciclagem? **Por que** elas são vantagens?
2. Quais são 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 resolver o problema do 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.*