

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

**CARACTERIZAÇÃO DE AÇÕES DOCENTES
FAVORÁVEIS AO ENSINO DE CIÊNCIAS
ENVOLVENDO ARGUMENTAÇÃO**

Belo Horizonte

2018

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

**CARACTERIZAÇÃO DE AÇÕES DOCENTES
FAVORÁVEIS AO ENSINO DE CIÊNCIAS
ENVOLVENDO ARGUMENTAÇÃO**

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

Área de concentração: Educação e Ciências

Orientadora: Profa. Dra. Rosária Justi

Belo Horizonte

2018

I14c
T Ibraim, Stefannie de Sá, 1990-
Caracterização de ações docentes favoráveis ao ensino de
ciências envolvendo argumentação [manuscrito] / Stefannie de Sá Ibraim.
- Belo Horizonte, 2018.
224 f., enc, il.

Tese - (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais,
Faculdade de Educação.
Orientadora : Rosaria Justi.
Bibliografia : f. 191-201.
Apêndices: f. 202-224.

1. Educação -- Teses. 2. Ciência -- Estudo e ensino -- Teses.
3. Ciência -- Estudo e ensino -- Metodos experimentais -- Teses.
4. Professores de ciências -- Formação -- Teses. 5. Ciência -- Pratica de
ensino -- Teses.

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

CDD- 372.35

Catálogo da Fonte : Biblioteca da FaE/UFMG



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

Caracterização de Ações Docentes Favoráveis ao Ensino de Ciências envolvendo Argumentação de autoria da doutoranda Stefannie de Sá Ibraim. Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Educação-Conhecimento Inclusão Social, como requisito para obtenção do grau de Doutora. Aprovada em 02 de agosto de 2018, pela banca constituída pelos membros:

Rosária Justi.

Prof.^a Dr.^a Rosária Justi – UFMG – Orientadora

Lúcia Helena Sasseron

Prof.^a Dr.^a Lúcia Helena Sasseron – USP

Daniela L. Scarpa

Prof. Dr.^a Daniela Lopes Scarpa – USP

Danusa Munford

Prof.^a Dr.^a Danusa Munford – UFMG

Elaine Soares França

Prof.^a Dr.^a Elaine Soares França – UFMG

Belo Horizonte, 02 de agosto de 2018.



ATA DA DEFESA DE TESE DA ALUNA STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

Realizou-se, no dia 02 de agosto de 2018, às 14:00 horas, Sala 402, FaE, da Universidade Federal de Minas Gerais, a 650ª defesa de tese, intitulada *Caracterização de ações docentes favoráveis ao ensino de ciências envolvendo argumentação*, apresentada por STEFANNIE DE SÁ IBRAIM, número de registro 2015666600, graduada no curso de QUÍMICA, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em EDUCAÇÃO - CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL, à seguinte Comissão Examinadora: Prof(a). Rosaria da Silva Justi - Orientador (UFMG), Prof(a). Lúcia Helena Sasseron (USP), Prof(a). Daniela Lopes Scarpa (USP), Prof(a). Danusa Munford (UFABC), Prof(a). Elaine Soares França (UFMG).

A Comissão considerou a tese: aprovada destacando a consistência a
lógica, metodológica e das análises, assim como as relevantes
contribuições para as áreas de pesquisa e formação de professores.
A Banca sugeriu e o candidato acatou a mudança de título de tese para: _____

Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.
Belo Horizonte, 02 de agosto de 2018.

Rosemary da Silva Madeira - Secretário(a)

Rosemary da Silva Madeira

Prof(a). Rosaria da Silva Justi (Doutora)

Lúcia Helena Sasseron

Prof(a). Lúcia Helena Sasseron (Doutora)

Daniela Lopes Scarpa

Prof(a). Daniela Lopes Scarpa (Doutora)

Danusa Munford

Prof(a). Danusa Munford (Doutora)

Elaine Soares França

Prof(a). Elaine Soares França (Doutora)

À Rosária Justi, por fazer florescer em mim a paixão pela, e o compromisso com, a pesquisa em Educação em Ciências. Obrigada por despertar em mim sempre a minha melhor versão.

AGRADECIMENTOS

À minha querida amiga e orientadora Rosária Justi pelo apoio incondicional nos momentos de inquietação, o qual foi determinante para a concretização desse trabalho. Por confiar em mim e, por, em vários momentos, me desafiar a ir além do que eu imaginava ser possível. Agradeço por me fazer sonhar e por ter me dado os meios para realizá-los.

Ao Henrique por ter dividido comigo todos os momentos ao longo desses anos e por torná-los mais fáceis, por compreender o cansaço por vezes inerente à construção de uma tese. Obrigada por ser o meu parceiro, me incentivar a buscar os meus sonhos e por dividir comigo todas as emoções do doutorado.

À minha mãe pelas constantes orações, as quais me fortaleceram nessa caminhada. Aos meus irmãos e cunhadas, pela cumplicidade e pelo apoio para seguir em frente. Em especial, ao Charles, Richard e a Dani pelo suporte técnico nos momentos de coleta de dados.

Aos meus sobrinhos, Raphael e Clarice, por trazerem ainda mais luz à nossa família e por não me deixar esquecer de que sempre deve haver tempo para os que amamos.

À Paula Mendonça por ser, além uma mentora na vida acadêmica, uma grande amiga. Agradeço pelas várias conversas, conselhos, momentos de reflexões e parcerias ao longo desses anos.

À querida Poliana Maia e ao Denis Guedes por terem me recebido em sua casa e por tornarem o processo de coleta de dados mais simples e divertido.

Ao grupo REAGIR por, simplesmente, ter me dado a oportunidade de ser parte dele e por conviver com as pessoas que dele fazem parte. A cada um vocês, o meu muito obrigado por serem exemplos de humildade, competência e generosidade no meio acadêmico.

Às amigas construídas ao longo dessa jornada. Em especial, à Monique, à Marina e ao Luiz pelas companhias nos congressos, pelas discussões intensas sobre os referenciais e pelo incentivo para a realização desta pesquisa.

Aos mais novos amigos de Brasília por me acolherem e me ajudarem a me adaptar à essa nova fase. Especialmente, a Giulia, Joanna e Lucas por fazerem de Brasília um lar e pela escuta carinhosa e atenta.

Aos colegas da UnB pela compreensão durante a realização deste trabalho. Em especial, à Patrícia Lootens por me receber carinhosamente, pelo apoio e incentivo constante. E à Mayara e ao Eduardo pelas boas conversas e momentos de descontração.

À instituição e aos alunos por aceitaram participar desta pesquisa e por possibilitarem a realização da mesma. À professora pela dedicação e compromisso com a minha pesquisa e pelos dados gerados em sua sala de aula.

Aos membros titulares da banca, Daniela Scarpa, Danusa Munford, Elaine França e Lúcia Sasseron pelas oportunidades de discussões e por serem verdadeiras fontes de inspiração. Agradeço por mais essa oportunidade de dividirem comigo suas perspectivas e contribuições sobre o meu trabalho.

Aos membros suplentes da banca, Patrícia Lootens e Roberta Corrêa pela gentileza em aceitarem ser leitoras deste trabalho.

À CAPES pelo auxílio financeiro que tanto contribuiu para a realização desta pesquisa.

RESUMO

No campo da Educação em Ciências, pesquisadores têm apontado as potencialidades do uso da argumentação para o desenvolvimento dos conhecimentos conceituais e das visões sobre ciência dos alunos. Além disso, parece haver um consenso entre esses pesquisadores sobre: (i) a importância do papel dos professores na criação e condução de situações argumentativas em sala de aula; e (ii) a necessidade de os professores terem conhecimentos relativos à argumentação para que possam ensinar ciências envolvendo argumentação. Essas considerações nos instigaram a investigar os conhecimentos docente relativos à argumentação de uma professora a partir de situações regulares de ensino de ciências. Especificamente, investigamos as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora e as relações destas com as estratégias de ensino utilizadas pela mesma ao ensinar conteúdos científicos curriculares. Além disso, buscamos estabelecer relações entre as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora e as oportunidades de os alunos desenvolverem seus conhecimentos processuais e epistêmicos. Identificamos 48 tipos de *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*, os quais foram divididos de acordo com a natureza das ações em quatro temas: *processo, estrutura, função e suporte*; e foram utilizados como instrumento de análise nessa pesquisa. Para coletar os dados, acompanhamos dez aulas de uma turma de segundo ano do ensino médio, as quais envolveram discussões sobre diferentes conteúdos científicos curriculares a partir de estratégias de ensino variadas. Todas as aulas foram registradas em vídeos e notas de campo foram realizadas pela pesquisadora. Além disso, foram realizadas entrevistas com a professora ao longo da coleta de dados. A integração de todos os dados possibilitou a construção de um estudo de caso sobre a prática da professora. A análise do caso indicou que ela manifestou diferentes tipos de *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*, tendo maior ocorrência as ações relacionadas ao processo de justificar e avaliar as afirmativas de conhecimento científico à luz das evidências disponíveis. Identificamos que há relações entre as ações manifestadas pela professora e as estratégias de ensino utilizadas pela mesma. Apontamos também que as ações relativas ao tema *processo* podem contribuir para o desenvolvimento dos conhecimentos processuais dos alunos e que ações associadas aos temas *estrutura e função* têm potencial para favorecer o desenvolvimento dos conhecimentos epistêmicos dos alunos relativos à prática argumentativa. A partir das conclusões, apresentamos uma nova versão do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* e apontamos tanto contribuições para a área de formação de professores em argumentação quanto para a literatura da área no que diz respeito às discussões sobre os conhecimentos docentes essenciais ao ensino envolvendo argumentação.

ABSTRACT

Researchers in science education have emphasised the potential benefits of using argumentation to support the development of students' conceptual knowledge and comprehensive views of science. It also seems that there is a consensus among those researchers on (i) the importance of the teachers' roles in creating and carrying out argumentative situations in their classrooms; and (ii) the need that teachers have knowledge concerning argumentation in order to teach science from an argumentative-basis perspective. These two points motivated us to study one teacher's knowledge concerning argumentation from regular teaching situations carried out by her. Our research is mainly focussed into *teachers' actions that support argumentation-based teaching* manifested by that teacher, and their relations with the teaching strategies that she used whilst teaching some scientific curricular contents. Additionally, we try to establish relations between the *teachers' actions that support argumentation-based teaching* manifested by the teachers and the opportunities that students had to develop their procedural and epistemic knowledge. We identify 48 types of *teachers' actions that support argumentation-based teaching*, which are divided according to their nature into four themes: *process*, *structure*, *function*, and *support*. This set of actions is applied as an analytical instrument in this study. For gathering data, we observed ten lessons in a second medium level year class. In those lessons, three curricular topics were discussed from distinct teaching strategies. All lessons were video-recorded, and the researcher made field notes. Additionally, the teacher was interviewed during the collection of the data. From the integration of such distinct types of data, we wrote a case study about that teacher's practice. The case analysis shows that she manifested different types of *teachers' actions that support argumentation-based teaching*, being more frequent those related to the process of justifying and assessing scientific knowledge claims from available evidence. We identify that there are relations between the actions manifested by the teacher and the teaching strategies that she used. We also conclude that the actions concerning the theme *process* can contribute to the development of students' procedural and epistemic knowledge, and that actions concerning the themes *structure* and *function* have the potential to support the development of their epistemic knowledge about the argumentative practice. From the conclusions, we generate a new version of the model *Knowledge for Teachers' Actions through Argumentation*, and we highlight contributions to teachers' education focused on argumentation, as well as to the literature that discusses teachers' knowledge that are essential for carrying out argumentation-based teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração dos componentes do argumento científico e alguns critérios que podem e deveriam ser usados para avaliar o mérito de um argumento científico, segundo Sampson e Schleigh (2013, p. 10).	20
Figura 2: Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação (adaptada de Ibraim e Justi, 2016). 56	
Figura 3: Esquema das etapas apresentadas por Savin-Baden e Major (2013) e o produto em cada uma dessas etapas em nossa pesquisa.	85
Figura 4: Versão revisada do modelo Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação.	175

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Síntese das etapas da coleta de dados.	66
Quadro 2: Ações do professor que podem contribuir para o desenvolvimento da argumentação em sala de aula e seus temas relacionados.	94
Quadro 3: Ações manifestadas pela professora relativas ao tema processo e suas contribuições para o trabalho com argumentação em sala de aula.....	117
Quadro 4: Ações relacionadas ao tema <i>estrutura</i> alocadas em categorias amplas.	124
Quadro 5: Todas as ações manifestadas pela professora ao longo das aulas e suas frequências em cada aula.	141
Quadro 6: Todos os tipos de ações manifestados pela professora ao longo das dez aulas.	155

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Ações manifestadas pela professora relacionadas ao tema <i>processo</i> ao longo das aulas. 101	
Gráfico 2: Tipos de ações relacionadas ao tema <i>processo</i> manifestadas pela professora ao longo das aulas.	114
Gráfico 3: Ênfase das ações manifestadas pela professora relativas ao tema <i>processo</i>	118
Gráfico 4: Ações manifestadas pela professora relacionadas ao tema <i>estrutura</i> ao longo das aulas.122	
Gráfico 5: Ações manifestadas pela professora em relação ao tema <i>função</i> ao longo das aulas.	128
Gráfico 6: Ações manifestadas pela professora relacionadas ao tema <i>suporte</i> ao longo das aulas. .	132

LISTA DE SIGLAS

CK	Content Knowledge
CoRe	Content Representation
PC	Práticas Científicas
PCK	Pedagogical Content Knowledge
PE	Práticas Epistêmicas
TPSK&S	Teacher Professional Knowledge and Skills
TSPCK	Topic Specific PCK

SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	1
2	REVISÃO DA LITERATURA	9
2.1	ALGUNS ASPECTOS SOBRE CIÊNCIA E ARGUMENTAÇÃO NA CIÊNCIA.....	9
2.2	“COMO SABEMOS O QUE SABEMOS?” E “POR QUE ACREDITAMOS NO QUE SABEMOS?”	22
2.3	O PAPEL DO PROFESSOR E OS CONHECIMENTOS DOCENTES RELATIVOS À ARGUMENTAÇÃO	30
2.3.1	Conhecimentos docentes	33
2.3.2	Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação.....	41
3	QUESTÕES DE PESQUISA	58
4	ASPECTOS METODOLÓGICOS	61
4.1	CONTEXTO DE COLETA DE DADOS	63
4.1.1	Seleção da Amostra	63
4.1.2	Caracterização do Campo de Pesquisa	64
4.1.3	Panorama da Coleta de Dados.....	64
4.2	ANÁLISE DOS DADOS	81
4.2.1	Caracterização dos dados	86
4.2.2	Recorte dos dados.....	88
4.2.3	Codificação dos dados.....	88
4.2.4	Categorização e transformação dos dados em temas: Construção do instrumento de análise	89
4.2.5	Categorização dos dados e construção do estudo de caso	98
4.2.6	Apresentação dos dados.....	99
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	100
5.1	RESULTADOS E DISCUSSÕES POR TEMA.....	100
5.1.1	Processo	100
5.1.2	Estrutura	122
5.1.3	Função.....	127
5.1.4	Suporte.....	130
5.2	DISCUSSÕES GERAIS DOS RESULTADOS	140
6	CONCLUSÕES	152
7	IMPLICAÇÕES.....	172
7.1	REFORMULAÇÃO DO MODELO CONHECIMENTOS PARA AÇÃO DOCENTE EM ARGUMENTAÇÃO	172

7.2 CONTRIBUIÇÕES PARA A PESQUISA	179
7.3 CONTRIBUIÇÕES PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES	186
REFERÊNCIAS.....	191
APÊNDICES	202
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA O PROFESSOR.....	202
ANUÊNCIA DA INSTITUIÇÃO	205
TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA O ALUNO	209
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA O RESPONSÁVEL	212
PROTOCOLO DE ENTREVISTA INICIAL COM A PROFESSORA	215
PROTOCOLO DA ENTREVISTA FINAL COM A PROFESSORA	221

1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

Nas últimas décadas, os documentos oficiais que apontam orientações para o ensino básico em vários países (por exemplo, MEC, 2001; 2006; Acara, 2012; NRC, 2012; Dfe, 2014) têm destacado o papel da educação básica como sendo o de ajudar os jovens a desenvolver conhecimentos e habilidades para que eles possam desempenhar um papel ativo na sociedade em que vivem, a qual é marcada pelos avanços do conhecimento científico e tecnológico. Porém, isto não quer dizer que o papel da escola seja desenvolver conhecimentos operacionais que permitam aos alunos usar as novas tecnologias. Mesmo porque, cada vez mais os aparelhos tecnológicos têm sido projetados de modo que possam ser utilizados por todos os indivíduos, indiferente do nível de conhecimento tecnológico e científico (Sasseron e Duschl, 2016). Assim, concordamos com Sasseron e Duschl (2016) quando eles afirmam que o papel da escola é oferecer oportunidades aos alunos de aprimorar e desenvolver seus modos de pensar e de formular ideias.

Especificamente em relação ao papel do ensino de ciências¹ na formação de um sujeito crítico, destacamos que isso requer uma mudança no foco dos processos de ensino e aprendizagem, o que significa deixar de focar o ensino de ciências apenas em *‘o que nós sabemos?’* – isto é, os conhecimentos conceituais –, e dar maior atenção a *‘como nós sabemos o que sabemos?’*, ou seja, ao desenvolvimento dos conhecimentos processuais, e a *‘por que nós acreditamos no que sabemos?’*. Isto significa favorecer o desenvolvimento dos conhecimentos sobre ciência dos alunos (Duschl, 2008a; Jiménez-Aleixandre e Erduran, 2008; Osborne e Dillon, 2010; Osborne, 2016).

Autores da área de Educação em Ciências (por exemplo, Duschl, 1990; Fernández *et al.*, 2002; Osborne, 2012), têm apontado problemas relacionados ao desenvolvimento da visão de ciências dos alunos que podem ser oriundos de um ensino pautado apenas em o que nós sabemos. Dentre eles, Duschl (1990) ressalta que esse tipo de ensino pode contribuir para

¹ Utilizamos o termo *ciências*, no plural, para nos referirmos às áreas de conhecimentos relativas às ciências naturais, as quais são trabalhadas no ensino básico como, por exemplo, Química, Física e Biologia.

que os alunos imaginem que o desenvolvimento do conhecimento científico é resultante da adição de novas teorias, ideias e fatos ao conhecimento existente, e que o fato de ensinar apenas os produtos da ciência, o conhecimento legitimado, pode contribuir para a formação da falsa ideia de que na ciência não existem controvérsias.

Osborne (2012) destaca que essa perspectiva de ensino pode: (i) desvalorizar o ensino e a aprendizagem de características das ciências como, por exemplo, a racionalidade e a crença no valor de evidências; (ii) limitar a oportunidade dos estudantes de considerar e explorar ideias científicas; e (iii) limitar o trabalho colaborativo dos estudantes, o pensamento criativo e crítico. Além disso, o autor ressalta ainda que, nessa perspectiva de ensino, o conhecimento científico adquire um status reificado na mente dos professores e nos currículos escolares. Segundo Latour (2000), um conhecimento reificado significa um fato inquestionável, o qual não guarda vestígios da expressão de crenças e escolhas do seu enunciador. De acordo com Osborne (2012), o problema dessa visão é que a ciência é vista como um corpo de conhecimento inequívoco, incontestável e inquestionável. Dessa forma, o ensino não contempla características importantes do empreendimento científico, contribuindo para uma visão inadequada ou ingênua de ciências (Driver *et al.*, 2000).

Contrariando essa visão de ensino fundamentada nos produtos científicos – ‘o que sabemos’ –, Osborne e Dillon (2010) apresentam algumas justificativas para o argumento de que o ensino de ciências deveria envolver, além de as discussões sobre os conhecimentos científicos, discussões relacionadas ao empreendimento científico – isto é, ‘como nós sabemos o que sabemos?’ – e as razões para se acreditar nesse conhecimentos, ou seja, a resposta à questão ‘por que acreditamos no que sabemos?’.

A primeira justificativa apresentada pelos autores se refere à credibilidade atribuída e ao status do conhecimento científico na comunidade escolar (Osborne e Dillon, 2010). Segundo eles, um sujeito que apenas conhece os fatos científicos e desconhece como esses conhecimentos foram construídos e validados no âmbito da comunidade não tem razões para considerar o conhecimento científico como algo importante para sua formação. Portanto, sem a discussão de tais aspectos, o ensino de ciências é baseado apenas no discurso

de autoridade², de tal forma que os alunos são convidados a aceitar a veracidade das informações recebidas porque o professor ou o livro didático, fontes de autoridade na sala de aula, dizem que as informações são verdadeiras.

A segunda justificativa apresentada por Osborne e Dillon (2010) está apoiada em um argumento moral defendido por Norris. De acordo com Norris (1997), é desrespeitoso pedir aos estudantes que aceitem e memorizem o que é dito pelo professor, sem que o docente tenha a preocupação de apresentar boas razões para se acreditar naquilo que ele gostaria que eles aceitassem.

Há ainda uma terceira justificativa de ordem democrática (Osborne e Dillon, 2010), a partir da qual se defende que os alunos precisam ter conhecimentos sobre ciência e entender como ela trabalha para que possamos compreender e avaliar questões e dilemas presentes na sociedade, os quais perpassam o conhecimento. Diante disso, podemos dizer que apenas o conhecimento sobre os fatos científicos é insuficiente para guiar os alunos nas discussões e possíveis tomadas de decisão que envolvem o conhecimento científico.

Diante do exposto, é possível reafirmar que, no ensino de ciências, há a necessidade de abandonar a ênfase nos conhecimentos declarativos em prol de oferecer aos estudantes a oportunidade de compreender o empreendimento científico (Ford, 2008; Mcneill e Pimentel, 2010). Isto implica no fato de os estudantes terem oportunidades de vivenciar um ensino envolvendo práticas científicas, uma vez que a ciência não é só um corpo de conhecimentos que inclui o entendimento sobre o mundo, mas também é um conjunto de práticas usadas para estabelecer, estender e refinar tal conhecimento (NRC, 2012; Christodoulou e Osborne, 2014). Portanto, para que o aluno possa desenvolver plenamente seus conhecimentos sobre ciência, o que envolve os conhecimentos sobre ‘como sabemos o que sabemos’ e ‘porque acreditamos no que sabemos’, ele precisa ser envolvido em atividades nas quais vivencie e discuta práticas comuns da ciência.

² No discurso de autoridade, a validade das afirmações ou dos argumentos preferidos é atribuída à credibilidade do orador, pois este é considerado como um sujeito que detêm o conhecimento sobre o assunto em discussão (Latour, 2000; Jiménez-Aleixandre, 2010).

Sendo assim, fundamentar o ensino em práticas científicas se justifica, pois o engajamento dos alunos nessas práticas pode ajudá-los a entender como o conhecimento científico é desenvolvido e a perceber a ciência como um conjunto de práticas no qual o desenvolvimento de teorias, de raciocínios e de avaliação do conhecimento são componentes de um conjunto maior de atividades que inclui uma rede de cientistas e instituições, formas específicas de falar e escrever, desenvolvimento de modelos para representar sistemas ou fenômenos etc. (NRC, 2012). Em outras palavras, as oportunidades de os estudantes se engajarem nessas práticas e explorarem o porquê de elas serem fundamentais para a ciência são essenciais para que eles reconheçam características da ciência e sua complexidade, assim como desenvolver habilidades relacionadas à atividade científica (NRC 2012). Porém, Osborne (2014) ressalta que engajar os alunos em práticas científicas só tem sentido se isto ajudá-los a desenvolver uma melhor compreensão sobre o que sabemos, como sabemos e dos construtos epistemológicos que orientam as práticas da ciência.

Nesse trabalho, defendo, em especial, o uso da argumentação como abordagem para o ensino pautado em práticas científicas, porque a argumentação é uma prática autêntica da ciência visto que os cientistas desenvolvem e debatem teorias a partir de evidências (Giere, 2001; Osborne, 2010) e que isto ocorre associado a outras práticas como, por exemplo, condução de investigações, modelagem etc.

Nas últimas décadas, o uso da prática argumentativa no ensino de ciências tem sido investigada por diversos autores da área de Educação em Ciências (por exemplo, Jiménez-Aleixandre e Pereiro Muñoz, 2002; Mcneill e Pimentel, 2010; Mendonça, 2011; Sampson *et al.*, 2013; Walker e Sampson, 2013), e tem sido considerado como potencial para o desenvolvimento de: aprendizagem conceitual; visões mais adequadas sobre ciências; e habilidades relacionadas ao raciocínio crítico. Embora, haja um corpo de evidências sobre as contribuições da argumentação nos processos de ensino e aprendizagem, pouca atenção tem sido dada ao(s): (i) papel do professor nesse contexto de ensino (Mcneill e Pimentel, 2010; Evagorou e Dillon, 2011; Christodoulou e Osborne, 2014); (ii) entendimento do professor sobre argumentação (Mcneill *et al.*, 2016); e (iii) conhecimentos docentes necessários ao professor para que possa ensinar ciências envolvendo em argumentação (Mcneill e Knight, 2013; Ibraim, 2015; Ibraim e Justi, 2016).

Diante disso, podemos afirmar que ainda há uma lacuna na literatura sobre a relação entre a prática argumentativa, o papel do professor e seus conhecimentos docentes nesse contexto. Consideramos que pesquisas desse tipo são importantes porque, no contexto de ensino envolvendo argumentação, o professor exerce um papel fundamental, visto que ele tem, por exemplo a função de encorajar os alunos a trabalhar com as evidências e justificativas na construção dos argumentos (Simon *et al.*, 2006). Dessa forma, nesse trabalho, visamos investigar e discutir os conhecimentos docentes relativos à argumentação de uma professora ao ensinar tópicos de conteúdo de Química³.

Minhas contribuições para a discussão sobre os conhecimentos docentes relativos à prática argumentativa começaram a ser realizadas a partir do meu trabalho de Mestrado (Ibraim, 2015). Naquela ocasião, elaborei um modelo, *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*, com o intuito de apontar alguns elementos essenciais ao professor para que ele possa ensinar ciências envolvendo argumentação e possa engajar os alunos na vivência e reflexão sobre esta prática científica⁴. Entre os elementos elencados, podemos citar como exemplos: conhecimentos sobre os elementos básicos de um argumento, conhecimentos de estratégias de ensino que podem contribuir para o desenvolvimento da argumentação, conhecimentos sobre ações favoráveis ao ensino por argumentação etc.

Salientamos que a proposição do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* teve caráter teórico, uma vez que o desenvolvimento deste se deu unicamente baseado na literatura da área de argumentação e de conhecimentos docentes, ou seja, o desenvolvimento do modelo não foi sustentado por evidências empíricas. Dessa forma, julgamos interessante investigar, em uma situação real de ensino, os conhecimentos docentes

³ A opção pela área de Química foi feita apenas por ser nossa área de formação inicial e por, conseqüentemente, favorecer nosso entendimento das aulas e maior diálogo com a professora em relação a quaisquer elementos do ensino. Entretanto, reconhecemos que nossas discussões são válidas para professores de todas as áreas de ciências, uma vez que nenhum dos elementos nos quais ela se baseia implica em características específicas da Química.

⁴ Ressaltamos que há diferença entre práticas científicas (PC) e epistêmicas (PE). Porém, em alguns casos, esses termos têm sido usados como sinônimos (Jiménez-Aleixandre e Crujeiras, 2015). Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2015) propõem que o termo PE é mais amplo do que PC, e que as PC estão relacionadas a um contexto específico de ensino ou área de conteúdo. Portanto, como estamos tratando do ensino de conteúdos científicos curriculares no domínio da Química e de práticas relacionadas à produção desses conhecimentos, utilizaremos aqui o termo prática científica.

manifestados por uma professora ao ensinar Química no ensino básico. Porém, tendo em vista os diferentes elementos listados no modelo e a complexidade envolvida na investigação dos mesmos, neste trabalho optamos por direcionar a investigação principalmente a um elemento relacionado ao modelo: as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*.

Especificamente, essa pesquisa visa caracterizar e discutir as ações relativas à argumentação manifestadas por uma professora de Química em três situações de ensino, as quais envolveram discussões sobre os conteúdos associados aos temas cinética química, termoquímica e equilíbrio químico, a partir de diferentes estratégias de ensino. Ressaltamos que investigar as ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação em tais situações de ensino pode subsidiar discussões sobre possíveis relações entre essas ações e as estratégias que podem ser consideradas favoráveis ao ensino envolvendo argumentação. Assim, destacamos a importância de também investigar as estratégias de ensino adotadas pela professora nas situações investigadas, porque elas podem ter algum tipo de influência sobre as ações relacionadas ao ensino envolvendo argumentação manifestada pela professora.

Defendemos que investigar a prática de um professor em relação à argumentação em situações de ensino de conteúdo científico curricular pode ser considerado um diferencial desse trabalho. Isto porque, em geral, as pesquisas utilizam situações que envolvem controvérsias (por exemplo, atividades nas quais são discutidas questões sociocientíficas) para criar um contexto de ensino e, a partir disso, investigar o papel e os conhecimentos do docente como, por exemplo, em McNeill e Pimentel (2010).

Além disso, tendo em vista as discussões sobre os objetivos da Educação em Ciências, as quais justificam a ênfase no uso da prática argumentativa em contextos escolares, temos como objetivo investigar as contribuições das ações relativas à argumentação manifestadas pela professora para o desenvolvimento dos conhecimentos processuais e epistêmicos dos alunos, conhecimentos estes que ajudam a responder ‘como sabemos o que sabemos?’ e ‘por que acreditamos no que sabemos?’.

Considerando o nosso objetivo geral, no segundo capítulo, ‘Revisão da Literatura’, discutimos aspectos relacionados à natureza da ciência e à perspectiva de ensino de ciências envolvendo as práticas científicas, enfatizando o papel da prática científica de argumentar.

Com o objetivo de tornar as discussões e os relacionamentos estabelecidos mais claros, optamos por dividir este capítulo em três seções.

A primeira seção é dedicada aos aspectos relativos à ciência, o que envolve uma discussão sobre algumas características da ciência, enfatizando as práticas científicas e o papel da argumentação. A inclusão dessa seção se justifica visto que algumas ideias difundidas na sociedade sobre ciência não correspondem ao trabalho científico. Por exemplo, uma ideia bastante comum é a de que cientistas apenas usam instrumentos para coletar dados, buscam generalizações a partir desses dados e estabelecem afirmativas sobre o mundo em que vivemos (Osborne e Dillon, 2010). Portanto, julgamos que esta seção pode ajudar o leitor a ter uma melhor compreensão sobre as discussões relativas ao papel das práticas científicas no ensino de ciências, em especial a prática argumentativa.

Na segunda seção do capítulo 2, justificamos a importância de os alunos desenvolverem seus conhecimentos sobre ciências tendo em vista os objetivos contemporâneos para o ensino de ciências. Além disso, defendemos o uso da prática argumentativa como uma forma de engajar os alunos na vivência e na reflexão de e sobre a ciência e, também, sobre a atividade científica.

Por fim, na terceira seção, ressaltamos o papel do professor frente ao ensino de ciências envolvendo a argumentação a partir de estudos que investigaram explicitamente a relação entre o professor e o desenvolvimento da argumentação dos alunos. Ainda, chamamos atenção para a importância de caracterizar os conhecimentos docentes relativos à argumentação e ressaltamos a validade do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* para esse fim.

No capítulo 3, traduzimos o nosso objetivo geral em questões de pesquisa e apontamos as potencialidades destas para a literatura da área. Considerando tais questões de pesquisa, no capítulo 4, tratamos dos aspectos metodológicos que subsidiaram as discussões das mesmas, apresentando as metodologias utilizadas tanto na coleta quanto na análise dos dados.

No capítulo 5, tratamos dos resultados encontrados a partir da análise de dados – isto é, as evidências construídas nessa pesquisa –, e as discutimos a partir da literatura da área. Tais discussões são retomadas no capítulo 6, quando as conclusões deste trabalho são apresentadas. Por fim, no capítulo 7, a partir dos *insights* gerados pela pesquisa, apontamos implicações para o desenvolvimento de novas pesquisas e suas contribuições para o desenvolvimento de programas de formação docente focados na prática argumentativa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ALGUNS ASPECTOS SOBRE CIÊNCIA E ARGUMENTAÇÃO NA CIÊNCIA

As ideias e os aspectos sobre ciência⁵ abordados nesse capítulo são oriundos dos trabalhos de filósofos e sociólogos da ciência. Destacamos que o nosso objetivo não é apresentar uma definição para natureza da ciência, tarefa árdua tendo em vista a natureza multifacetada e complexa da mesma (Lederman, 2006) e que foge do escopo principal de nosso trabalho. Entretanto, julgamos que a apresentação dessas ideias é relevante porque contribui para justificar a importância de incluir, no ensino de ciências, o trabalho com, e as discussões sobre, as práticas científicas, em especial, a argumentação.

Apesar da grande dificuldade de definir ciência, alguns pesquisadores (por exemplo, Lederman *et al.*, 2002; Lederman, 2006; Osborne e Dillon, 2010) têm apontado alguns princípios que eles consideram como acessíveis aos estudantes e importantes de serem inseridos nos currículos de ciências. Esses princípios se referem a: (i) diferença entre observações e inferências; (ii) diferença entre teorias e leis; (iii) o papel da criatividade dos cientistas no desenvolvimento do conhecimento científico; (iv) aspectos relacionados à subjetividade envolvida no desenvolvimento do conhecimento científico; (v) influências dos contextos social e cultural sobre o desenvolvimento do conhecimento científico; (vi) multiplicidade de métodos científicos; e (vii) provisoriedade do conhecimento científico.

Ressaltamos que, em relação ao ensino desses princípios nas salas de aulas de ciências, vários autores (Smith e Scharmann, 1999; Allchin, 2011; Deng *et al.*, 2011; Irzik e Nola, 2011; Van Dijk, 2011; Allchin, 2012; Matthews, 2012; Erduran e Dagher, 2014; Hodson, 2014) têm tecido duras críticas. Dentre essas críticas, destacamos a que aponta que não há evidências de que o conhecimento declarativo sobre tais princípios pode dar suporte à sua aplicação em contextos cotidianos, isto é, de que tal conhecimento pode contribuir para que os alunos saibam se posicionar criticamente frente às questões do cotidiano que perpassam a

⁵ Utilizamos o termo *ciência*, no singular, para referirmos à uma área de conhecimentos e práticas específicas.

ciência. Entretanto, destacamos que essas críticas não se direcionam aos princípios usados para caracterizar a ciência (uma vez que todos os princípios são válidos), mas à consideração de que o ensino declarativo dos mesmos não é suficiente para a formação dos alunos. Dessa forma, julgamos adequado assumir esses princípios como uma forma de iluminar uma discussão geral sobre a atividade científica.

Em relação ao primeiro princípio – a diferença entre observação e inferência – este está principalmente relacionado à forma de acesso às informações. Segundo Lederman (2006), as observações são afirmativas sobre um fenômeno que podem ser acessíveis aos sentidos, de tal forma que diferentes sujeitos podem atingir um consenso sobre as afirmações feitas. Por outro lado, as inferências são afirmativas elaboradas sobre um fenômeno e que não são diretamente acessíveis pelos sentidos. Por exemplo, imagine um sistema em que há uma vela acesa e, em seguida, um frasco é colocado sobre ela. Ao olhar para o sistema, após alguns instantes, todos os sujeitos podem observar que a vela irá se apagar (fato acessível por meio da visão). Entretanto, inferir o porquê de a vela ter se apagado (por exemplo, a vela se apagou devido a uma alteração na proporção entre os reagentes utilizados na reação de combustão) é algo que não pode ser acessado pelos sentidos. Portanto, a inferência envolve um processo de interpretação das observações.

Ainda distinguindo os conceitos, Lederman (2006) aponta que teoria e leis são diferentes e cumprem papéis diferentes na comunidade científica. Segundo o autor, as leis são derivadas das observações sobre um fenômeno, se referem às afirmativas ou às descrições de relações observadas entre fenômenos investigados. Em contrapartida, teorias dizem respeito às explicações construídas para os fenômenos observados. Por exemplo, ao realizar uma reação em um sistema fechado, a massa dos reagentes (antes da reação) e a massa dos produtos (após a reação) são as mesmas. As observações repetidas sobre esse fenômeno utilizando diferentes substâncias deu origem ao que conhecemos como Lei de Conservação das Massas. Porém, a explicação sobre a observação de que a massa das substâncias não se altera durante as reações químicas está relacionada aos conceitos da teoria atômica e sobre ligações químicas.

O terceiro princípio sobre natureza da ciência trata do papel da criatividade e da imaginação dos cientistas na construção do conhecimento científico. Esse princípio entra em conflito com uma visão popularmente difundida sobre a construção do conhecimento científico, segundo a qual o conhecimento científico é derivado diretamente das observações sobre o mundo natural (Longino, 1990; Lederman, 2006; Osborne e Dillon, 2010). Entretanto, a criação de explicações científicas, a elaboração de teorias etc., exigem que os cientistas mobilizem seus conhecimentos prévios e façam um esforço para imaginar o mundo de uma forma diferente daquela acessível aos sentidos (Ford, 2008; Osborne e Dillon, 2010). Assim, mesmo que o conhecimento científico esteja relacionado às observações sobre o mundo natural, o processo de construção de explicações para os fenômenos observados envolve a imaginação humana e a criatividade (Lederman, 2006). Além disso, a criatividade dos cientistas também se faz presente nos momentos de elaboração e planejamento das investigações científicas.

O quarto princípio aborda o fato de o conhecimento científico ser subjetivo e carregado de teoria. Isto significa que os conhecimentos prévios, as crenças e experiências, assim como os compromissos dos cientistas influenciam suas investigações desde a elaboração do problema de pesquisa até a interpretação dos resultados.

Um caso histórico clássico que exemplifica o papel da subjetividade na produção do conhecimento científico envolve as diferentes interpretações propostas por Priestley e Lavoisier ao observar o que era conhecido na época como 'ar combustível'. Os dois cientistas realizaram o mesmo experimento e fizeram observações similares: o gás formado durante o processo de queima de uma substância fazia a chama de uma vela brilhar de forma mais intensa do que o ar atmosférico. Porém, as crenças e os comprometimentos teóricos assumidos por cada um dos cientistas fizeram com que eles estabelecessem conclusões diferentes. Priestley, que acreditava na teoria do *flogisto*⁶, propôs que o ar formado se tratava de um *ar desflogisticado* e, por isso, este poderia intensificar a queima porque absorvia mais o *flogisto* liberado na queima dos objetos. Por outro lado, Lavoisier, que acreditava que as

⁶ De acordo com a teoria do flogisto, defendida por Stahl, os corpos combustíveis possuíam uma espécie de fluido em sua composição (flogisto), o qual era liberado durante o processo de combustão dos materiais.

reações ocorriam a partir de proporções definidas das substâncias e negava a teoria do *flogisto*, propôs a existência de um novo gás, o qual também constituía o ar atmosférico e, por isso, apresentava um comportamento similar no processo de combustão. Portanto, esse caso demonstra a influência dos conhecimentos prévios e crenças dos pesquisadores sobre a interpretação dos resultados, porque aponta que uma mesma observação pode ser interpretada de forma diferente.

O quinto princípio trata das influências dos contextos social e cultural sobre a atividade científica. Em outras palavras, esse aspecto chama atenção para o fato de que a ciência é um empreendimento humano praticado em contextos culturais. Conseqüentemente, o conhecimento científico é influenciado e influencia as várias esferas intelectuais da cultura (Longino, 1990; Lederman, 2006). Dessa forma, o conhecimento científico é um produto cultural, o que implica no fato de que os aspectos culturais e interesses de uma sociedade influenciam a aceitação das hipóteses e enunciados científicos (Longino, 1990). Em outras palavras, a explicação de porque uma determinada crença é aceita em uma sociedade está mais relacionada ao contexto de produção da mesma do que aos aspectos intrínsecos à ela (Longino, 1990). Assim, podemos dizer que os contextos social e cultural influenciam tanto a produção do conhecimento – a elaboração das questões a serem investigadas – quanto a aceitação do conhecimento produzido pela comunidade científica.

Nesse sentido, Tuana (2016) destaca que um importante aspecto envolvido nas práticas científicas se refere às questões relacionadas aos valores assumidos pelos cientistas, os quais se relacionam com seus contextos sociais e culturais. Segundo a autora, esses valores influenciam as motivações dos cientistas para seguir por uma área da ciência ou por outra. Além disso, os julgamentos de valores feitos pelos cientistas influenciam a seleção dos tópicos de pesquisa que serão investigados, bem como a trajetória da mesma. As pesquisas realizadas na área farmacêutica servem como bons exemplos desses julgamentos de valor feitos pelos cientistas porque, por exemplo, um cientista pode optar por realizar uma pesquisa visando encontrar a cura de uma doença ou omitir dados que não demonstram a validade de um medicamento e que prejudicariam a venda do mesmo.

Sendo o conhecimento científico fruto da criatividade humana, subjetivo e dependente das teorias e crenças que guiam o raciocínio do cientista, é possível inferir que há possibilidade de construir conhecimento científico a partir de diferentes métodos de pesquisa. Assim, podemos afirmar que não há um único método de produção de conhecimento na ciência e que os métodos podem variar de acordo com fatores como as áreas de estudo ou os objetivos do pesquisador (Longino, 1990; Lederman, 2006; Osborne e Dillon, 2010). Assim, os métodos empregados nas ciências sociais (por exemplo, técnicas etnográficas) são diferentes dos métodos utilizados nas ciências naturais (por exemplo, uso de aparelhos para investigar a constituição de um material). Por isso, o sexto princípio se refere à possibilidade de existir mais de um método na ciência (Lederman, 2006).

A partir dos seis princípios discutidos anteriormente, o sétimo se segue quase de forma dedutiva: o conhecimento científico não é absoluto e verdadeiro, ele é provisório ou passível de mudança. Portanto, o último princípio se refere ao fato de que o conhecimento pode ser alterado, por exemplo, caso novas evidências se tornem disponíveis a partir de avanços tecnológicos ou de novas interpretações teóricas, ou caso as evidências existentes sejam reinterpretadas à luz de novos modelos teóricos (Lederman, 2006).

Chamamos atenção, assim como Duschl (2008b), para o fato de que o termo 'provisório' pode ser mal compreendido, dando a conotação de que o conhecimento não é sustentado por evidências ou por raciocínios científicos, ou ainda, que não se pode confiar no conhecimento científico uma vez que ele pode ser alterado. Entretanto, ressaltamos que o trabalho na ciência permite lidar com a provisoriedade do conhecimento, de forma que este possa ser abandonado ou reformulado quando o conjunto de evidências apresentam razões suficientes para isso (Williams, 2011). Isto porque a ciência produz conhecimentos que podem ser considerados 'verdadeiros ou provados' em circunstâncias específicas (Williams, 2011).

As discussões sobre os sete princípios relacionados à ciência podem contribuir para a desmistificação da visão distorcida de ciência difundida na sociedade e para iluminar nosso entendimento sobre o processo de construção do conhecimento científico. Por exemplo, os princípios apontados, principalmente por Lederman e colaboradores (por exemplo em, Lederman *et al.*, 2002; Lederman, 2006), nos ajudam a entender que durante o

processo de construção de conhecimento, no qual os cientistas buscam construir explicações para os fenômenos observados, eles: (i) mobilizam seus conhecimentos prévios e crenças, tanto nos momentos de formulação das questões de pesquisa quanto na interpretação dos dados; e (ii) utilizam sua criatividade para formular suas questões de pesquisas, decidir sobre procedimentos metodológicos a serem seguidos e interpretar seus resultados. Porém, apenas esses princípios não são suficientes para entender como o conhecimento produzido pelos cientistas se torna científico, ou mesmo, para compreender a dinâmica envolvida no processo de construção desses conhecimentos. Os estudos de Sociologia da Ciência (Longino, 1990; Latour, 2000) favorecem essas discussões porque tratam dos aspectos sociais envolvidos na comunidade científica.

Especificamente, Latour (2000) nos convida a entrar no mundo da ciência pela *“porta de trás, a da ciência em construção”* (p. 17), e a observar os processos vivenciados pelos cientistas na busca pela construção, validação e legitimação do conhecimento produzido pela comunidade científica. Esse caminho só pode ser trilhado quando olhamos para a ciência em construção, pois, caso contrário, se optássemos pela porta da ciência acabada, dos fatos científicos, não teríamos mais acesso aos caminhos percorridos pelos cientistas e pelo conhecimento até atingir o status de científico. Assim, quando olhamos para a etapa de construção do conhecimento científico apenas como um processo que visa relacionar as evidências, as quais estão apoiadas em teorias, ou, a elaborar explicações e modelos para os fenômenos observados no mundo, perdemos uma importante dimensão da atividade científica que ocorre antes mesmo da elaboração dos produtos científicos. Nesse sentido, Duschl (2008b) chama atenção para o fato de que 99% da atividade científica não se relaciona ao contexto de ‘descoberta’ ou de criação de justificativas. A maior parte da atividade científica é direcionada ao processo dialógico de desenvolvimento de teorias, tratamentos de dados anômalos e convencimentos dos pares (Duschl, 2008b).

Um dos primeiros desafios enfrentados pelos cientistas é convencer seus colegas de trabalho sobre as potencialidades da pesquisa que está sendo ou será desenvolvida (Latour, 2000). Isto tem uma implicação direta sobre o financiamento econômico recebido pelo pesquisador ou por seu grupo, assim como no tempo que estes irão se dedicar à realização de determinado estudo. Caso os pares não estejam convencidos sobre a

importância da pesquisa que será desenvolvida, o(s) cientista(s) pode(m) ter que abandonar o estudo, visto a consequente falta de financiamento e incentivo para o mesmo. Diante do exposto, ao pensar a ciência como um empreendimento social e cultural, temos que ter em mente que isto também está relacionado à dimensão econômica (Mody, 2015) e que as influências sociais e culturais não ocorrem apenas sobre os produtos gerados pela ciência, mas também sobre o que é desenvolvido por ela.

Além disso, por se tratar de um empreendimento social, a ciência lida com o desenvolvimento de programas de pesquisas similares, os quais são desenvolvidos por pesquisadores diferentes e em diferentes contextos (Latour, 2000). A possibilidade de mais de um grupo de cientistas propor uma explicação plausível, ou adequada, para um determinado fenômeno gera uma disputa na comunidade científica, no sentido de determinar qual grupo irá propor primeiro a ‘melhor’ explicação. Isto é algo importante, visto que a relevância dos trabalhos de outros grupos pode diminuir caso um modelo teórico ou explicação venha a ser proposto(a) e validado(a) no âmbito da comunidade.

Destacamos que apenas o fato de um grupo de pesquisa propor uma explicação ou modelo teórico que seja coerente com o conjunto de evidências disponíveis não é uma condição suficiente para que a proposição seja julgada como adequada pela comunidade científica (Latour, 2000). Este status será alcançado à medida que outros cientistas se convençam da validade e do poder de explicação de uma dada proposição. Isto quer dizer que o produto científico, por si só, não é suficiente para convencer a comunidade ou estabelecer consenso sobre a validade do mesmo. Tal reconhecimento será alcançado a partir do uso de uma proposição pela comunidade, pela possibilidade do conhecimento nela expresso gerar explicações sobre os fenômenos e iluminar a formulação de novas pesquisas (Lakatos e Musgrave, 1970). Assim, podemos dizer que o conhecimento adquire credibilidade quando este passa a ser aceito por outros cientistas (Latour, 2000).

Nesse processo dinâmico da ciência, o ato de publicar aparece como uma das grandes ferramentas, porque é por meio dele que os cientistas ou grupos de cientistas compartilham seus produtos científicos. Nesse contexto, Latour (2000) ressalta que a forma como um conhecimento científico produzido é citado em outros trabalhos da área pode

contribuir para o que o mesmo seja considerado mais um fato científico, um conhecimento ‘verdadeiro’, ou seja tomado como mais fictício. De acordo com Latour, se em uma publicação os autores assumem uma posição de concordância com o conhecimento produzido anteriormente, e o apresenta como respaldo para as novas ideias que estão sendo construídas e apresentadas na publicação, isto ajuda a aproximar este conhecimento do status de fato científico. Por outro lado, se em suas publicações um autor ou grupo assume uma posição de contradição frente a enunciados científicos anteriores, eles podem contribuir para que a credibilidade de tais conhecimentos seja minada e para que os mesmos sejam transformados em ficção. Diante disso, Latour (2000, p. 52) conclui que *“o destino das coisas que dizemos e fazemos está nas mãos de quem as usar depois”*.

Ainda sobre o papel das publicações na produção dos fatos científicos, Latour (2000) chama atenção para as referências apresentadas pelos autores em seus textos científicos. Para ele, as referências selecionadas pelos autores funcionam como aliados, de forma que, se um sujeito desejar atacar esse trabalho, ele precisará enfraquecer todas as referências citadas. Em contrapartida, um texto sem referências não exige isso de quem se opõe a ele (Latour, 2000) porque o leitor está mais livre para manifestar suas opiniões sobre a questão em discussão.

Portanto, o que podemos concluir dessa discussão é que o processo de produção dos fatos científicos – o que envolve a elaboração, validação e legitimação dos conhecimentos científicos –, é um processo social e coletivo, não apenas porque os cientistas não trabalham de forma isolada em seus laboratórios, mas porque a construção dos fatos científicos depende do uso que os outros fazem das proposições científicas e dos aliados apresentados como suporte a elas (Latour, 2000).

Em resumo, até o momento apresentamos uma visão geral sobre a ciência e sobre as práticas adotadas pelos cientistas no processo de construção dos fatos científicos. Com isso, buscamos mostrar que a ciência pode ser entendida como um conjunto de práticas epistêmicas. Segundo Kelly (2008), práticas epistêmicas são formas específicas que membros de uma comunidade usam para propor, justificar, avaliar e legitimar os enunciados de

conhecimento em uma área específica. Nesse sentido, Osborne (2014) chama atenção para o fato de que ao olhar a ciência como um conjunto de práticas podemos entender 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 baseadas em computador (Nersessian, 2008); elaboração de inferências preditivas; construção de instrumentação apropriada; e desenvolvimento de representações para os fenômenos (Latour, 1986; Lehrer & Schäuble, 2006a). (p.180).

Entretanto, ainda não fizemos menções explícitas à prática argumentativa na ciência porque, a fim de evidenciar o papel da argumentação nesse contexto, optamos por fazer isso após uma discussão geral sobre os aspectos comuns às ciências. Em outras palavras, primeiramente julgamos importante compartilhar com o leitor a nossa visão sobre ciência para depois discutir o papel da argumentação na ciência.

A argumentação científica pode ser compreendida como um processo social direcionado à elaboração de argumentos. Os argumentos científicos expressam relações entre evidências e teorias, e são formulados com o objetivo de propor uma explicação, propor um modelo, ou fazer uma avaliação do conhecimento (Duschl e Osborne, 2002). Além disso, segundo Norris, Phillips e Osborne (2008), a argumentação científica também pode ser pensada como uma forma de validar ou refutar argumentos científicos, considerando um conjunto de proposições que refletem os valores da comunidade científica, isto é, a partir de critérios epistêmicos.

No processo de construção de argumentos científicos, um elemento central é a evidência, porque esta é utilizada para dar suporte à afirmativa/conclusão científica (Longino, 1990). As evidências são provenientes de um dado ou de um conjunto de dados, os quais podem ser gerados de forma empírica ou teórica (Bravo Torija e Jiménez-Aleixandre, 2010). Os dados empíricos se referem aos resultados obtidos em experimentos, enquanto os dados teóricos são provenientes de relacionamentos entre conceitos/teorias aceitos na comunidade. Salientamos que as evidências podem ser pensadas como os dados interpretados à luz de um modelo teórico, ou pelas “*lentes do pesquisador*” (Jiménez-Aleixandre, 2010, p. 91). Isto parece significar que nenhuma medição, observação etc., ou

mesmo, um conjunto de dados por si só pode indicar uma conclusão ou fundamentar a elaboração de um enunciado (Longino, 1990). Assim, a atribuição de significados aos dados, o que os transforma em evidências, é determinada pelas crenças e conhecimentos prévios dos pesquisadores (Osborne e Dillon, 2010), ou seja, o valor de um dado não é intrínseco a ele.

Sendo o processo de construção de evidências guiado pelos conhecimentos e crenças do pesquisador, é plausível afirmar que diferentes sujeitos podem interpretar determinados dados de forma diferente, ou podem selecionar, a partir de um mesmo conjunto de dados, dados diferentes para serem usados como suporte para seus enunciados. Nesse sentido, Longino (1990) apresenta um exemplo simples, mas bastante esclarecedor. Nele, dois homens entram em uma casa, se deparam com um chapéu cinza sobre o corrimão da escada, e afirmam que “Nick está em casa”. Ambos os homens tomam a existência do chapéu como um indício da presença de Nick. Entretanto, ao serem questionados sobre o porquê de tal afirmativa, um dos homens responde que ele conhece apenas uma pessoa que usa chapéu cinza, no caso, Nick. Por outro lado, o segundo homem diz que Nick sempre deixa o chapéu sobre o corrimão daquela forma. Portanto, os diferentes sujeitos apresentam uma mesma conclusão – Nick está em casa – apontando evidências diferentes para dar suporte a sua conclusão: a cor do chapéu e a posição em que o chapéu foi deixado. Assim, podemos concluir que o que determina se um dado será ou não tomado como evidência para uma hipótese ou conclusão é a relação estabelecida por um indivíduo entre a evidência e a hipótese/conclusão, a partir de suas crenças, conhecimentos e intenções.

Ressaltamos que, no exemplo citado por Longino, a conclusão apresentada pelos homens a partir do mesmo conjunto de dados foi igual. Porém, esta poderia ser diferente, ou mesmo contraditória, visto que a construção de uma evidência por um indivíduo é dependente do seu *background*. Por exemplo, um dos homens, ao se deparar com o chapéu sobre o corrimão da escada, poderia afirmar que Nick havia esquecido o chapéu ao sair, enquanto o segundo homem poderia dizer que Nick está em casa porque o seu chapéu está sobre o corrimão.

Diante disso, reconhecemos que há diferença entre a apresentação de um dado e uma evidência na ciência. Os dados são informações, quantidades, medições etc., enquanto

as evidências dizem respeito aos dados que são selecionados e analisados pelos cientistas no processo de construção e avaliação do conhecimento (Jiménez-Aleixandre, 2010). Em outras palavras, evidências representam os dados utilizados pelos cientistas com o objetivo de sustentar que uma determinada afirmativa ou conclusão é verdadeira ou falsa, isto é, pode ou não ser aceita no âmbito de um referencial teórico. Ainda, ressaltamos que, em algumas situações, apenas um dado pode ser utilizado como evidência e ser suficiente para sustentar uma conclusão. Em outras situações, pode ser necessário utilizar um conjunto de dados como evidências para dar suporte a uma conclusão.

No que diz respeito ao uso de evidências para sustentar uma afirmativa ou conclusão, Jiménez-Aleixandre (2010) chama atenção para três critérios que podem ser usados para classificar as evidências: *especificidade*, *suficiência* e *confiabilidade*.

Segundo Jiménez-Aleixandre (2010), a *especificidade* está relacionada ao fato de uma evidência ser específica para sustentar a conclusão. Por exemplo, uma tabela que apresenta informações sobre as quantidades de soluto que podem ser dissolvidas em um solvente frente à variação de temperatura da solução pode constituir uma evidência específica para dar suporte à conclusão de que ao aumentar a temperatura de um sistema é possível dissolver uma maior quantidade de soluto.

A *suficiência* de uma evidência está relacionada ao fato de essa evidência poder dar suporte à conclusão (Jiménez-Aleixandre, 2010). Entretanto, diferente de uma evidência específica, nesse caso, a evidência tem um papel de indício, isto é, pode ser usada para dar suporte a diferentes conclusões. Este é o caso do exemplo do uso do chapéu como evidência da presença de Nick, citado por Longino (1990).

Por último, a *confiabilidade* de uma evidência está relacionada com o instrumento utilizado para coletar as informações, especificamente, com a capacidade desse instrumento de proporcionar dados que sejam estáveis (Jiménez-Aleixandre, 2010). Ao realizar um estudo utilizando um instrumento, é preciso que este forneça informações similares ou idênticas quando a análise for repetida. Assim, a confiabilidade pode ser avaliada a partir de um processo de repetição da análise, pois se o sujeito aponta as mesmas categorias atribuídas no primeiro processo de análise, podemos dizer que a análise é confiável. Além disso, a

confiabilidade das evidências pode ser determinada a partir de um processo de discussão entre os sujeitos envolvidos na análise dos dados.

Em relação à avaliação da credibilidade de um argumento científico, Sampson e Schleigh (2013) apresentam alguns componentes e critérios que podem ser utilizados, os quais são representados na figura 1.

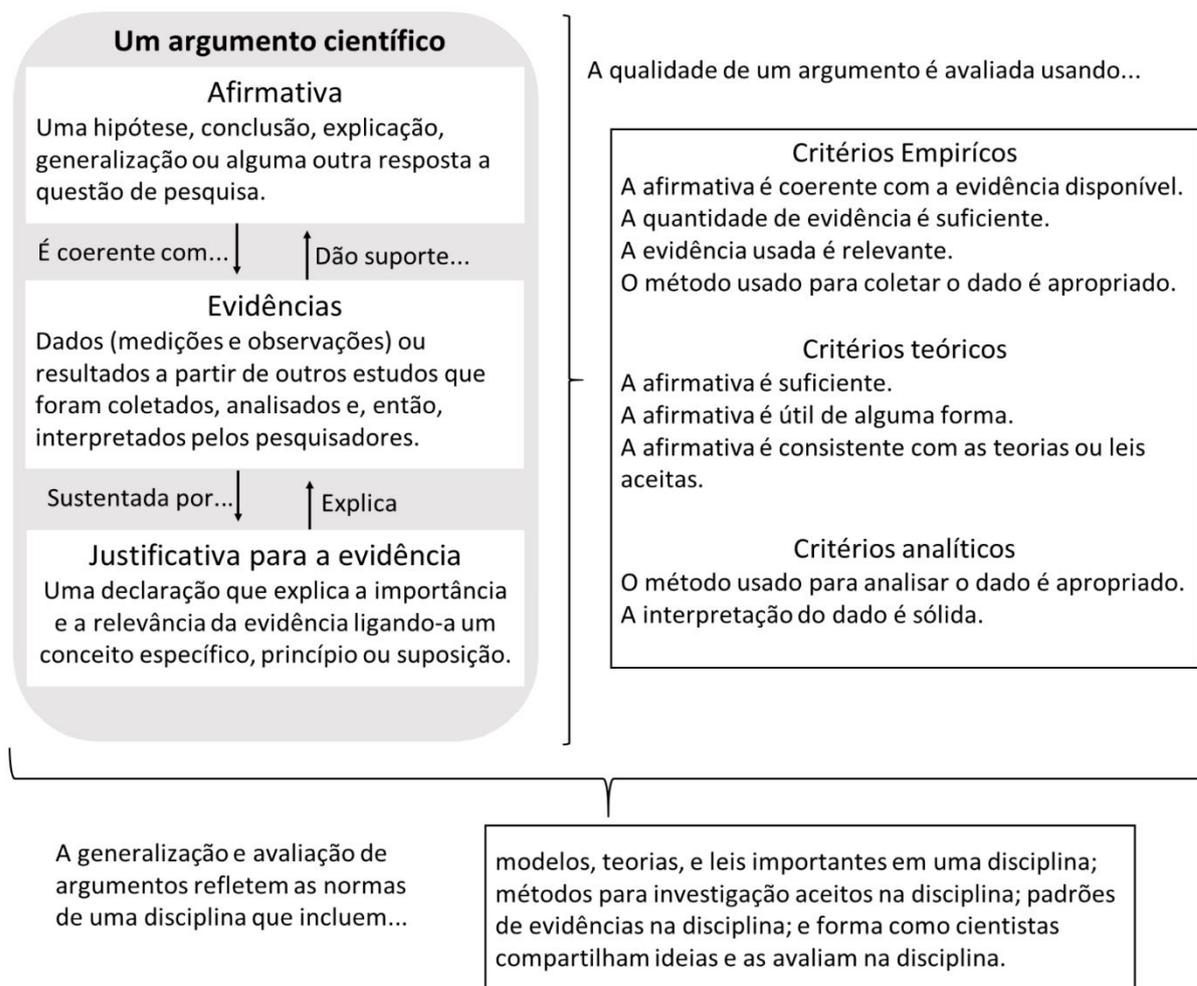


Figura 1: Ilustração dos componentes do argumento científico e alguns critérios que podem e deveriam ser usados para avaliar o mérito de um argumento científico, segundo Sampson e Schleigh (2013, p. 10).

Segundo os autores, essa representação destaca, além de alguns aspectos importantes de um argumento científico (como a presença de afirmativa e evidência), critérios empíricos e teóricos que podem e devem ser usados para avaliar a qualidade ou validade dos argumentos científicos. Os critérios empíricos incluem: (i) a coerência entre a afirmativa e as

evidências disponíveis; (ii) a suficiência da evidência apresentada no argumento; (iii) a qualidade da evidência (por exemplo, em função de sua validade e confiabilidade); e (iv) a capacidade de previsão da afirmativa. Por outro lado, os critérios teóricos se referem aos padrões que são importantes na ciência, mas não são de natureza empírica. Esses critérios são: (i) a suficiência da afirmativa (por exemplo, se ela inclui todos os aspectos necessários); (ii) a utilização da afirmativa (por exemplo, se ela favorece o engajamento em novas investigações ou o entendimento sobre o fenômeno); e (iii) a consistência da afirmativa e da justificativa frente a outras teorias, leis ou modelos aceitos.

A partir dessa representação, podemos afirmar que as evidências e as justificativas mobilizadas para sustentar um argumento científico não apresentam o mesmo status, ou seja, é possível que determinados elementos sejam mais adequados ou suficientes para dar suporte a uma ideia do que outros. Assim, um importante componente da argumentação científica é a avaliação da aceitabilidade e suficiência da(s) evidência(s) e da(s) justificativa(s) que são usadas para dar suporte ou desafiar uma afirmativa.

Até o momento, abordamos principalmente o papel da argumentação na ciência focando na produção dos argumentos científicos. Porém, como discutido anteriormente, na ciência não basta que os cientistas produzam e apresentem argumentos; eles precisam convencer a comunidade da validade destes argumentos e das potencialidades dos mesmos. Em outras palavras, os argumentos produzidos pelos cientistas são considerados mais ou menos científicos dependendo da sua coerência interna e do uso que outros cientistas irão fazer dele. Portanto, podemos dizer que a ciência está mais pautada em um dinâmico processo argumentativo desenvolvido entre os cientistas, do que na produção de argumentos em si. Isto porque o reconhecimento e aceitação de argumentos científicos produzidos se dá a partir de um processo argumentativo (Williams, 2011) no qual os diferentes métodos usados na investigação, a avaliação e a interpretação dos dados, e as explicações alternativas geradas sobre o fenômeno são levados em consideração (Duschl e Osborne, 2002).

Em geral, o processo argumentativo desenvolvido pelos cientistas pode ser observado por meio da publicação de artigos, apresentação de trabalhos em encontros científicos etc., pois essas são as formas mais comuns que a comunidade científica utiliza para

divulgar e legitimizar o conhecimento produzido por ela. Em especial, em relação aos artigos científicos, a argumentação se faz presente tanto na formulação dos argumentos científicos, ou seja, na mobilização de evidências e justificativas pautadas em modelos teóricos aceitos na comunidade, quanto nos movimentos realizados visando a crítica de ideias contrárias ou de antecipação de críticas às ideias que estão sendo apresentadas (Ford, 2008). Isto significa que os cientistas refutam os argumentos que podem enfraquecer a tese apresentada e ressaltam as limitações de sua tese, a fim de que esta não seja atacada por outros cientistas. Ainda, ressaltamos que nesse processo de construção de artigos, os cientistas buscam utilizar evidências específicas para dar suporte às suas conclusões, visto que estas são mais difíceis de serem atacadas por outros pesquisadores.

Por fim, considerando as discussões apresentadas, afirmamos que a argumentação tem um papel central na ciência, haja vista: (i) a apresentação de justificativas para a adequação dos modelos, teorias e explicações frente ao conjunto de evidências disponíveis e dos conhecimentos reconhecidos pela comunidade; e (ii) o caráter social da ciência, o que implica no fato de que os argumentos formulados pelos cientistas precisam convencer os pares e estarão sempre susceptíveis às críticas e refutações por parte da comunidade científica (Mendonça e Justi, 2013a).

2.2 “COMO SABEMOS O QUE SABEMOS?” E “POR QUE ACREDITAMOS NO QUE SABEMOS?”

O ensino envolvendo aspectos sobre ciência, tanto na educação básica quanto na formação de professores, têm sido defendido por diversos autores (por exemplo, Lederman e Gess-Newsome, 1999; Lederman, 2006; Osborne e Dillon, 2010; Allchin, 2011; Williams, 2011; Allchin, 2012; Justi e Mendonça, 2016) e tem sido apontado como importante em vários documentos norteadores do ensino de ciências (por exemplo, Millar e Osborne, 1998; Acara, 2012; NRC, 2012). A ênfase na aprendizagem sobre ciência esta pautada no argumento de que o conhecimento sobre ciência é algo fundamental para a formação crítica dos alunos (Longino, 1990; Osborne e Dillon, 2010; Allchin, 2012; Christodoulou e Osborne, 2014).

Osborne e Dillon (2010) ressaltam que um sujeito que apenas possui o conhecimento sobre os fatos científicos, o conhecimento conceitual, não é capaz de

compreender por que a ciência é um empreendimento tão importante e valorizado na sociedade. Ainda, podemos dizer que esse sujeito, ao longo de sua vida, tenderá a enfrentar dificuldades em lidar criticamente com o conhecimento científico que permeia a sociedade como, por exemplo, avaliar a validade e consistência de afirmativas científicas divulgadas pela mídia. Isso porque esses tipos de julgamentos implicam no entendimento de como o conhecimento e o nível de consistência do mesmo são estabelecidos (Osborne, 2016).

Nesse sentido, Longino (1990) destaca que um cidadão deveria ser capaz de fazer questões no nível epistêmico como, por exemplo, questionar sobre as evidências disponíveis para sustentar uma hipótese, afirmativa ou conclusão, ou ainda, questionar sobre as razões para se acreditar em algo. Dessa forma, o ensino de ciências visando à formação mais ampla do aluno deveria promover discussões nos âmbitos conceitual, epistêmico e social (Duschl, 2008b), porque

o entendimento dos critérios para avaliar as afirmativas de conhecimento, isto é, decidir o que conta, é tão importante quanto um entendimento da estrutura conceitual para construir as afirmativas de conhecimento (Duschl, 2008b, p. 278).

No que diz respeito aos conhecimentos sobre ciência, Osborne (2016) aponta que estes compreendem os conhecimentos processuais e epistêmicos, além do conhecimento na dimensão conceitual. O conhecimento processual está relacionado ao conhecimento sobre os diversos métodos usados pelos cientistas para produzir conhecimentos e sobre as práticas recorrentes na ciência usadas para estabelecer o conhecimento científico (Osborne, 2016). Por outro lado, o conhecimento epistêmico diz respeito ao entendimento sobre: a racionalidade envolvida nas práticas de investigação, o status das afirmativas científicas que são geradas, e o significado dos termos usados na ciência como, por exemplo, teorias, leis, hipóteses etc. (Osborne, 2016). O desenvolvimento desses conhecimentos pode contribuir para que os alunos sejam capazes de responder *o que nós sabemos, como nós sabemos o que sabemos e por que nós acreditamos no que sabemos* e, assim, pode favorecer o

desenvolvimento de uma visão mais adequada sobre a ciência, permitindo que os mesmos sejam capazes de fazer questões epistêmicas⁷, tais como apontadas por Longino (1990).

Frente ao consenso sobre a importância de os alunos desenvolverem conhecimentos sobre ciências na educação básica, o que implica no desenvolvimento dos conhecimentos processuais e epistêmicos, vários autores têm apostado em perspectivas de ensino visando a aprendizagem e o desenvolvimento desses conhecimentos dos alunos. Uma perspectiva que tem sido amplamente defendida e ressaltada em documentos oficiais (por exemplo, NRC, 1996; MEC, 2001; Schwarz e Gewekwerere, 2006; Norris *et al.*, 2008; Bybee, 2011; Carvalho, 2013; Walker e Sampson, 2013; Ferraz e Sasseron, 2017) está relacionada ao ensino de ciências por investigação, visto que esta é uma prática comum e fundamental da ciência.

No ensino por investigação, os alunos são envolvidos em práticas científicas e, assim, podem desenvolver seus conhecimentos processuais a partir da oportunidade de formular questões para a investigação, coletar e analisar dados visando a construção de evidências, fazer inferências a partir de um conjunto de dados, apresentar seus resultados aos colegas de classe etc. Em relação aos conhecimentos epistêmicos, os alunos podem desenvolver tais conhecimentos quando engajados na reflexão sobre a validade das evidências apresentadas, a relação do desenho metodológico com os dados coletados, os critérios usados para validar as conclusões e hipóteses etc. Portanto, envolver os alunos em um contexto investigativo pode ajudá-los a romper com a visão dogmática de ciências, uma vez que eles podem trabalhar com os processos de construção do conhecimento que contribuem para o desenvolvimento de seus conhecimentos (Bybee, 2011).

A perspectiva de ensino pautada em práticas da ciência, ganhou ainda mais destaque na literatura da área a partir da publicação do documento americano *A Framework for K-12 Science Education* (NRC, 2012). Esse documento aponta que, embora cientistas possam recorrer a diferentes práticas durante o processo de construção do conhecimento, algumas são de extrema importância para a empreitada científica, tal como a modelagem, o

⁷ Em linhas gerais, questões epistêmicas podem ser entendidas como questões que visam avaliar a consistência e validade das afirmativas de conhecimento.

desenvolvimento de explicações, o engajamento em discussões críticas e a avaliação do conhecimento. Em particular, a avaliação é apontada como um elemento essencial, pois, em geral, as afirmativas na ciência são avaliadas tomando como base explicações alternativas e comparando as evidências disponíveis para dar suporte a cada uma delas. Logo, a aceitação de uma explicação como mais satisfatória envolve a avaliação da confiabilidade dos dados, a validade das evidências e a sua relevância para o caso. Mais especificamente, o documento americano propõe que o ensino de ciências deveria envolver pelo menos oito práticas científicas, sendo elas: formular questões; elaborar e usar modelos; planejar e realizar investigações; analisar e interpretar dados; usar raciocínio matemático e computacional; construir explicações; produzir argumentos a partir das evidências; e obter, avaliar e comunicar informações.

Em resumo, na proposta de ensino de ciências fundamentada em práticas científicas, o argumento principal é o de que, para desenvolver os conhecimentos dos alunos sobre as bases epistêmicas da ciência – isto é, como nós sabemos o que sabemos e porque acreditamos nisso –, é necessário que eles sejam engajados em práticas comuns à ciência (Duschl e Grandy, 2013) porque, assim, eles poderão ser capazes de entender o que os cientistas fazem para estabelecer credibilidade e confiabilidade aos conhecimentos produzidos (Osborne, 2014). Ou seja, tais perspectivas estão fundamentadas na ideia de que os conhecimentos sobre ciência podem ser desenvolvidos pelos alunos a partir da imersão dos mesmos em práticas científicas.

Em relação a essa ideia – aprender sobre ciência vivenciando práticas análogas as científicas –, Osborne (2016) aponta duas críticas relacionadas à crença de que basta os alunos vivenciarem as práticas científicas para que eles desenvolvam seus conhecimentos sobre ciências, em especial, sobre a dimensão epistêmica da mesma (ou do conhecimento científico). A primeira crítica se refere ao fato de que há poucas evidências de que a vivência das práticas científicas implica em um maior conhecimento sobre a ciência. Se isto fosse verdade, os cientistas deveriam saber mais sobre o empreendimento científico do que, por exemplo, filósofos e sociólogos da ciência, algo que não é percebido nas pesquisas que investigam as concepções sobre ciência dos cientistas (Schwartz e Lederman, 2008; Hodson e Wong, 2014).

A segunda crítica diz respeito à estrutura escolar. Segundo Osborne (2016), o tempo dedicado ao ensino de ciências é insuficiente para que o conhecimento sobre a ciência – o que envolve além do conhecimento conceitual, os conhecimentos processual e epistêmico – seja desenvolvido de forma implícita, apenas pelo engajamento dos alunos em práticas científicas. Nesse sentido, o autor enfatiza que o ensino sobre ciência deveria ocorrer de forma explícita, proporcionando aos alunos oportunidades de refletir sobre as práticas e os objetivos científicos (Christodoulou e Osborne, 2014; Osborne, 2016). Nas palavras de Osborne (2016, p. 229),

O objetivo do ensino de ciências não é desenvolver um alto nível de proficiência nas práticas científicas, mas sim usar o engajamento em um repertório limitado de práticas científicas como meio para construir conhecimentos e uma profunda compreensão sobre os conteúdos da ciência, os processos que são comumente usados para alcançar os objetivos e as justificativas epistêmicas para o seu uso.

Osborne (2016) ainda defende que:

Engajar os alunos em qualquer prática científica deveria ser visto como uma oportunidade para esclarecer explicitamente a natureza e complexidade do conhecimento científico, assim como as habilidades que são requeridas pelos cientistas profissionais. (p. 231).

Portanto, a partir dessa discussão, podemos concluir que, ao aprender ciências, é fundamental que os alunos tenham oportunidades explícitas de: (i) discutir sobre os aspectos epistêmicos, ou seja, o que conta como evidência, conhecimento etc. no contexto científico; (ii) realizar práticas comuns à ciência, as quais são análogas às realizadas pelos cientistas; e (iii) desenvolver seus conhecimentos conceituais. Além disso, o mais importante não é os alunos simplesmente vivenciarem as práticas científicas (por exemplo, criar modelos, elaborar questões de investigações), mas sim utilizar as práticas como um contexto para a aprendizagem e o desenvolvimento de seus conhecimentos sobre ciência. Em outras palavras, mais importante do que o professor engajar os alunos em um conjunto de práticas científicas, é ele engajar os alunos na reflexão sobre a importância dessas práticas e dos critérios epistêmicos envolvidos nas mesmas para a construção e desenvolvimento da ciência.

Tendo em vista as discussões apresentadas aqui e que a argumentação é uma prática científica, consideramos que o engajamento dos alunos na prática argumentativa pode

contribuir para o desenvolvimento dos conhecimentos processuais, epistêmicos e conceituais dos mesmos. Entretanto, salientamos que para que isso ocorra é preciso que, em sala de aula, o professor (i) crie um ambiente propício ao desenvolvimento da prática argumentativa; e (ii) proporcione a ocorrência de, e envolva os alunos em, reflexões sobre os critérios estabelecidos para julgar a argumentação desenvolvida e os produtos dessa argumentação, os argumentos. Por exemplo, Sandoval e Morrison (2003) envolveram um grupo de estudantes em uma atividade na qual eles deveriam construir suas próprias explicações e prover evidências para sustentá-las, mas não havia reflexões em relação à argumentação desenvolvida ao longo da atividade. Em outras palavras, os autores apostaram no ensino envolvendo a imersão dos alunos na prática científica, mas sem proporcionar reflexões explícitas sobre a mesma.

Em relação ao estudo, os autores concluíram que: (i) a vivência dessa atividade não contribuiu para que os estudantes desenvolvessem o entendimento sobre os aspectos relativos às formas de produção de conhecimento da ciência, isto é, desenvolvessem seus *conhecimentos processuais*; e (ii) os estudantes deveriam ter sido engajados em discussões sobre as justificativas e critérios que eles usaram para escolher as explicações e sobre o papel das evidências em suas explicações para que eles desenvolvessem conhecimentos relativos à produção do conhecimento científico – o que implica no desenvolvimento dos *conhecimentos epistêmicos*. Esse estudo e as conclusões expressas pelos autores endossam os argumentos de que o ensino de ciências envolvendo práticas científicas deve ocorrer de forma explícita para que possa contribuir para o desenvolvimento dos conhecimentos processuais e epistêmicos dos alunos.

Especificamente em relação à argumentação, em nosso trabalho, assim como ressaltado por Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008), entendemos que argumentação pode ter dois objetivos:

- justificar ou avaliar afirmativas de conhecimento, o que envolve a construção de estruturas nas quais a conexão entre a afirmativa e os dados são expressas nas justificativas; e
- persuadir, na qual os indivíduos se engajam em um processo dialógico visando o convencimento do outro ou a apresentação de críticas às ideias formuladas.

Além disso, consideramos que a argumentação se refere a um processo social e o argumento diz respeito ao produto gerado nesse processo argumentativo (Jiménez-Aleixandre e Erduran, 2008). Por exemplo, na ciência, o argumento poderia ser representado pelos enunciados científicos (afirmativas sustentadas por evidências e justificadas a partir de um dado referencial teórico), e a argumentação representa todo o processo envolvido na formulação destes enunciados, na divulgação e avaliação dos mesmos.

Sobre o uso da argumentação no ensino de ciências, Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008), a partir das ideias de Andrée Tiberghien, apontam algumas contribuições potenciais da prática argumentativa para o desenvolvimento dos alunos. Uma contribuição se refere ao fato de que o envolvimento dos alunos na prática argumentativa permite que os processos cognitivos dos mesmos sejam explicitados. O desenvolvimento da aprendizagem ocorre em um contexto social e de interação entre os sujeitos, além de ser um processo cognitivo que não pode ser acessado diretamente, pois se trata de um processo mental. Uma das formas de tornar público os raciocínios é através do uso da linguagem, seja ela escrita ou oral (Vygotsky, 1978; Jiménez-Aleixandre e Erduran, 2008).

Nas salas de aulas de ciências, o professor pode ter acesso à forma como o aluno está internalizando os conceitos científicos a partir de situações nas quais ele explicita seus raciocínios. Isto pode favorecer a reflexão do aluno sobre a sua própria aprendizagem, pois ele tem a oportunidade de regular seus conhecimentos (Sampson *et al.*, 2013). Por exemplo, o fato de o aluno não conseguir expressar seu entendimento sobre determinado assunto pode levá-lo a pensar que ele não compreendeu aquele tópico discutido. Além disso, uma vez que um sujeito explicita seu raciocínio em sala de aula, o professor e os demais alunos têm acesso às ideias desse sujeito e podem contribuir para a regulação de seu conhecimento, formando, assim, uma comunidade de aprendizes (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Outra potencialidade da argumentação está associada ao desenvolvimento das competências comunicativa e do pensamento crítico dos alunos. O pensamento crítico pode ser entendido como a capacidade de um sujeito avaliar ou analisar a consistência de argumentos a partir do exame das evidências (Kuhn, 1991; Garcia-Mila *et al.*, 2013). Ele também pode ser entendido como a capacidade do indivíduo de criticar discursos de

autoridade e de questionar e transformar a sociedade em que vive. Assim, o pensamento crítico está relacionado também a questões emancipatórias (Jiménez-Aleixandre e Erduran, 2008). Nesse sentido, o ensino por argumentação tende a favorecer o desenvolvimento do pensamento crítico por dar ao aluno oportunidades de analisar as evidências disponíveis, analisar os argumentos apresentados e discutir questões controversas que podem contribuir para eventuais tomadas de decisão. Em outras palavras, quando o aluno é engajado na discussão de uma questão controversa, ele precisa analisar a consistência dos argumentos e das evidências apresentadas pelos envolvidos para que possa se posicionar frente a ela.

Por fim, Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008) ainda apontam que a prática argumentativa pode contribuir para o desenvolvimento dos conhecimentos dos alunos sobre ciência. Nesse sentido, as autoras ressaltam a importância de os alunos aprenderem as formas de falar e escrever na ciência, o que julgamos que está relacionado ao entendimento sobre as práticas da ciência. Então, a perspectiva da argumentação pode favorecer o entendimento sobre ciências dos alunos, pois eles têm oportunidades de discutir sobre os processos que levam à aceitação de uma teoria ou ideia a partir de critérios epistêmicos, podendo reconhecer a ciência como um processo social (Driver *et al.*, 2000; Osborne *et al.*, 2004). Além disso, os alunos podem expressar seus raciocínios ou argumentos referentes ao conhecimento científico, o que favorece a aprendizagem da forma (oral ou escrita) de se comunicar na ciência (Driver *et al.*, 2000; Osborne *et al.*, 2004).

Além disso, ao serem envolvidos em um ambiente argumentativo, os alunos podem analisar múltiplas explicações para um mesmo fenômeno e discutir tais explicações. Isso permite que o professor conduza uma discussão relacionada às diferentes linhas de pensamento utilizadas pelos alunos para propor a explicação e os conduza à análise das mesmas. Isto pode resultar em uma resposta consensual, ou os alunos podem continuar apresentando diferentes pontos de vista. Assim, a participação em ambientes argumentativos pode favorecer a discussão sobre aspectos epistemológicos da ciência, pois eles retratam situações análogas às vivenciadas pelos cientistas. Deste modo, o professor pode aproveitar tais oportunidades para discutir com os alunos que a ciência é mais do que um conjunto de conceitos; a ciência é uma prática cultural que inclui modos específicos de pensamento,

comportamento, raciocínio, fala e escrita, os quais são estabelecidos a partir de interações sociais (Osborne *et al.*, 2004).

Ao longo dessa seção, defendemos a importância de os alunos desenvolverem conhecimentos sobre ciência, o que implica na compreensão dos processos e dos aspectos epistêmicos envolvidos na atividade científica, e que a argumentação é uma prática científica que possibilita esse tipo de aprendizagem. Porém, para que a argumentação possa contribuir para o desenvolvimento dos alunos, é preciso que o professor assuma o seu papel frente a essa perspectiva de ensino, abandonando definitivamente o modelo de transmissão de conhecimento, no qual os alunos aprendem sobre ‘o que sabemos’, as afirmativas de conhecimento científico (Simon *et al.*, 2006; Williams, 2011). Na perspectiva de ensino envolvendo argumentação, é preciso que o professor, por exemplo, engaje os alunos na construção de afirmativas usando evidências que as suportem, questione e desafie os alunos a analisar suas próprias afirmativas e, também, as dos colegas (Berland e Hammer, 2012). Em outras palavras, é preciso que os alunos sejam capazes de apresentar argumentos coerentes e avaliar outros argumentos (Driver *et al.*, 2000). Além disso, é importante que o professor engaje os alunos em processos reflexivos sobre os critérios usados na avaliação e legitimação dos conhecimentos produzidos em sala de aula.

Visto que o professor tem um papel fundamental no ensino envolvendo argumentação, uma vez que cabe a ele elaborar e planejar as estratégias e situações que serão utilizadas para engajar os alunos no processo de aprendizagem envolvendo argumentação, na próxima seção, discutimos o papel do professor frente ao ensino envolvendo argumentação e os conhecimentos necessários a ele para que possa atuar nesse contexto de ensino.

2.3 O PAPEL DO PROFESSOR E OS CONHECIMENTOS DOCENTES RELATIVOS À ARGUMENTAÇÃO

Vários estudos (identificados ao longo desta seção) têm investigado as relações entre a inclusão da prática argumentativa nas salas de ciências e o desenvolvimento dos conhecimentos dos alunos no contexto desta prática. Tais estudos têm ressaltado a importância do papel do professor nessas situações de ensino. Por exemplo, Berland e

Hammer (2012) apontam que o fato de um professor ter assumido uma postura de guia da discussão na sala de aula fez com que seus alunos se envolvessem mais em um discurso colaborativo e argumentativo. Esses alunos também se engajaram na argumentação ao fazer questões aos colegas, solicitar justificativas e evidências e ao tentar persuadir uns aos outros. Ryu e Sandoval (2012) destacam que o fato de, ao longo do ano escolar, uma professora primária solicitar que seus alunos apresentassem justificativas para suas afirmativas, contribuiu para que os estudantes mobilizassem justificativas explícitas em suas discussões e para que solicitassem aos colegas e à própria professora a apresentação de suas justificativas.

Especificamente, McNeill e Pimentel (2010) investigaram a prática de três professores ao trabalhar com um material explicitamente dirigido à prática argumentativa e à relação da mesma com o desenvolvimento da argumentação escrita e social dos alunos, ou seja, o produto e o processo da argumentação (Jiménez-Aleixandre e Erduran, 2008). O material utilizado envolvia uma controvérsia sobre as mudanças climáticas e favorecia a criação de situações argumentativas, pois os estudantes poderiam debater sobre diferentes afirmativas e sobre suas justificativas com seus pares. Porém, os professores não tiveram nenhum tipo de instrução sobre como trabalhar com esse material em sala de aula.

Como resultado do estudo, as autoras encontraram que todos os alunos das três turmas apresentaram afirmativas sobre mudança climática e as justificaram a partir de evidências. Portanto, todos os alunos tiveram uma aprendizagem significativa em termos do entendimento dos aspectos estruturais de um argumento. Porém, em termos de argumentação social, apenas os alunos de uma turma apresentaram argumentos conectados aos argumentos dos colegas. O professor dessa turma foi o único que utilizou questões abertas para incentivar os alunos a discutir as ideias apresentadas pelos pares e a explicitar a concordância ou a refutação às ideias apresentadas. Nas demais turmas, o discurso dos professores foi predominante e os alunos tiveram poucas oportunidades de discutir entre eles. Diante desse resultado, McNeill e Pimentel (2010) apostam no uso de questões abertas pelos professores para favorecer a argumentação em sala de aula tanto em termos de prover evidências para as afirmativas quanto de encorajar a interação entre os alunos.

Em um outro estudo, Evagorou e Dillon (2011) também discutem o efeito da prática de dois professores na argumentação de seus alunos. Os professores trabalharam em duas escolas diferentes de um subúrbio de Londres, com alunos de 12-13 anos. Baseado no material *Argue-WISE*⁸, eles discutiram o porquê da diminuição da população de esquilos vermelhos na região. Os professores envolvidos tiveram a oportunidade de discutir com os pesquisadores sobre o material utilizado, mas eles não receberam nenhuma instrução sobre como trabalhar argumentação com os alunos.

Com base na análise das aulas ministradas pelos professores, os pesquisadores puderam perceber que os professores utilizaram abordagens pedagógicas diferentes ao trabalhar com o material. Um professor utilizou uma abordagem mais dialogada, discutindo com exemplos e a validade de evidências, e deu tempo para que os alunos discutissem entre eles. Por outro lado, o segundo professor adotou uma abordagem de transmissão de conhecimento, falando quase o tempo todo, não dando oportunidades para os alunos discutirem. Ao investigar a argumentação dos alunos, os autores perceberam que os alunos do professor que utilizou a abordagem dialógica foram mais bem-sucedidos ao construir argumentos e prover soluções alternativas para o problema do que os alunos do outro professor.

Tanto na pesquisa realizada por Evagorou e Dillon (2011) quanto no estudo de McNeill e Pimentel (2010), os professores utilizaram um material didático que possibilitava o trabalho com argumentação. Embora, os materiais utilizados pelos professores em cada um dos estudos fossem os mesmos, os pesquisadores observaram que os alunos dos diversos professores apresentaram resultados diferentes no que diz respeito ao desenvolvimento da argumentação. Por isso, consideramos que essas pesquisas evidenciam que a abordagem utilizada pelo professor ao trabalhar com argumentação nas salas de ciências exerce grande influência no desenvolvimento da argumentação dos alunos, visto que essa foi uma das principais variáveis que diferenciou as turmas nos estudos relatados.

⁸ O material *Argue-WISE* foi produzido considerando teorias socioculturais de aprendizagem e propõe o engajamento dos estudantes na construção de argumentos baseada no padrão de Toulmin (1958).

Tendo em vista que o papel do professor é fundamental para a criação e o desenvolvimento de um ambiente argumentativo na sala de aula, vários pesquisadores têm defendido a necessidade de professores terem oportunidades de desenvolver seus conhecimentos sobre argumentação para que possam ensinar ciências envolvendo a prática argumentativa (por exemplo, Driver *et al.*, 2000; Duschl e Osborne, 2002; Simon *et al.*, 2006; Zohar, 2008; Mcneill e Knight, 2013; Ibraim e Justi, 2016). Embora, haja um aparente consenso sobre a importância de em algum momento de sua formação, seja inicial ou continuada, os professores desenvolverem seus conhecimentos sobre argumentação e as orientações de ensino envolvendo essa prática, ainda não há um consenso sobre quais conhecimentos são necessários aos professores para que eles possam trabalhar de forma efetiva com a argumentação em sala de aula (Ibraim e Justi, 2016).

2.3.1 Conhecimentos docentes

As discussões sobre conhecimentos docentes se destacaram durante a década de 1980, quando houve um movimento direcionado à profissionalização da profissão docente. Nos Estados Unidos, em especial, a formação de professores foi submetida a avaliações rigorosas e sofreu críticas de políticos e educadores preocupados com sua qualidade, principalmente direcionadas à necessidade de profissionalizar a mesma. Tais discussões culminaram em um movimento que visava tornar a formação inicial um espaço único para o empreendimento intelectual, isto é, um processo que envolve o desenvolvimento de formas especiais de conhecimentos e habilidades (Bullough, 2001). Nesse cenário, as ideias de Lee Shulman tiveram bastante destaque, pois ele foi um dos primeiros pesquisadores a chamar atenção para o fato de que os professores são profissionais e, como tais, possuem conhecimentos específicos de sua profissão.

Considerando a profissão docente como uma área específica, inicialmente Shulman (1986) sugeriu que os conhecimentos dos professores voltados para o ensino dos conteúdos científicos fossem pensados a partir de três categorias: (i) conhecimento de

conteúdo (CK)⁹; (ii) conhecimento de currículo; e (iii) conhecimento pedagógico de conteúdo (PCK)¹⁰. De acordo com Shulman,

Conhecimento de conteúdo se refere à quantidade e organização de conhecimentos per se na mente do professor. Pensar propriamente sobre o conhecimento de conteúdo requer ir além do conhecimento dos fatos ou conceitos de um domínio. Requer entender a estrutura substantiva e sintática do conteúdo. Isso significa que os professores não devem ser capazes apenas de definir para os estudantes as ideias aceitas em um domínio. Eles devem ser capazes de explicar por que uma proposição particular é considerada necessária, por que o conhecimento possui méritos e como se relaciona com outras posições, relativas ou não à disciplina específica, tanto teoricamente quanto na prática. (Shulman, 1986, p. 9).

A existência de CK é uma condição primária que precisa ser satisfeita para que o ensino ocorra, pois um professor não pode ensinar algo que ele desconheça (Sperandeo-Mineo *et al.*, 2006; Berry *et al.*, 2008; Kind, 2014; Mavhunga, 2014). Além disso, o CK influencia a seleção dos conteúdos que o professor ensina e a forma como ele ensina esses tópicos em uma disciplina, pois a falta deste conhecimento pode afetar a análise crítica que o professor faz sobre os livros didáticos, a sua seleção de materiais instrucionais, como ele estrutura a disciplina, e como ele conduz o ensino (Grossman *et al.*, 1989). Entretanto, apenas o CK não garante que o ensino irá ocorrer de forma efetiva, ou seja, que ele contribuirá para a construção de significados pelos estudantes. Isto porque, em geral, o CK tem sua origem nos cursos de formação e os conhecimentos acadêmicos não são exatamente os mesmos que os professores irão ensinar aos seus alunos do ensino básico (Grossman *et al.*, 1989; Sperandeo-Mineo *et al.*, 2006). Para que esses conteúdos sejam trabalhados com os alunos, o professor precisa fazer uma transposição dos mesmos, de forma que eles possam ser compreendidos por sujeitos de um determinado nível escolar. Portanto, apenas o domínio do CK não implica que o professor saiba como tornar aquele conteúdo compreensível aos alunos.

Em relação ao segundo conhecimento, o de currículo, Shulman comenta que:

⁹ Em inglês 'Content Knowledge' (CK). Devido à ampla utilização da sigla CK na literatura mundial, optamos nesse trabalho por adotá-la ao invés da sigla que remeta o termo em português.

¹⁰ Em inglês 'Pedagogical Content Knowledge'. Devido à ampla utilização da sigla PCK na literatura mundial, optamos nesse trabalho por adotá-la ao invés da sigla que remeta o termo em português.

O currículo é representado por uma variedade de programas concebidos para o ensino de temas e tópicos específicos em um determinado nível, uma variedade de materiais didáticos disponíveis em relação a estes programas, e um conjunto de características que servem tanto como indicações e contraindicações para o uso de determinados currículos ou materiais em circunstâncias particulares. (Shulman, 1986, p. 10).

Diante disso, é possível considerar que o conhecimento de currículo envolve uma dimensão pedagógica, pois apresenta aspectos relacionados aos materiais que podem ser adotados pelo professor ao ensinar um determinado conteúdo a um público em particular. Porém, isso não implica no fato de o professor estabelecer relações diretas entre este conhecimento e o conhecimento de conteúdo.

Finalmente, segundo Shulman (2015), o conhecimento pedagógico de conteúdo começou a ser pensado a partir de dois tipos de investigações realizadas por ele e colaboradores: as relações existentes entre o CK do professor e sua prática em sala de aula; e as relações existentes entre o conhecimento pedagógico do professor e o ensino promovido por ele. Em linhas gerais, essas pesquisas indicaram uma fraca relação entre a qualidade do CK do professor e o ensino promovido pelo mesmo. Em contrapartida, os pesquisadores observaram que um conhecimento pedagógico geral de maior qualidade influenciava mais o processo de ensino do que o conhecimento de conteúdo isolado.

Diante desses resultados, Shulman e colaboradores começaram a especular sobre a existência de um conhecimento específico do professor que contribuísse para que ele fizesse a conexão entre o conhecimento de conteúdo e o conhecimento pedagógico. A esse conhecimento foi dado o nome de *conhecimento pedagógico de conteúdo* porque, inicialmente, Shulman propôs que ele era desenvolvido a partir dos conhecimentos de conteúdo e pedagógico geral do professor (Magnusson *et al.*, 1999). Sendo assim, o PCK vai além do conhecimento conceitual do professor e de seus conhecimentos de cunho pedagógico. Ele inclui:

Os tópicos que são regularmente ensinados em uma disciplina, as mais proveitosas formas de representação de ideias, as mais poderosas analogias, ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações – em geral, as formas de representar e formular o conteúdo para torná-lo compreensível aos outros. (Shulman, 1986, p. 9, ênfase nossa).

Diante da necessidade de fazer com que um conteúdo seja compreensível aos alunos, o autor também incluiu no PCK

o entendimento do que torna a aprendizagem de um tópico específico fácil ou difícil: as concepções e preconcepções que os estudantes de diferentes idades e com diferentes experiências trazem consigo para a aprendizagem dos temas e lições que são frequentemente ensinadas (Shulman, 1986, p.9).

Em linhas gerais, Shulman (1986; 1987) propôs que o PCK envolvia dois componentes: o conhecimento sobre as representações do conteúdo e o conhecimento sobre as dificuldades de aprendizagem apresentadas pelos alunos. Esses conhecimentos podem ser considerados como elementos chaves para o PCK do professor porque eles ajudam a fundamentar o pensamento do docente sobre o que faz um tópico de uma disciplina ser mais difícil ou fácil de ser aprendido pelos alunos e, a partir disso, o professor pode selecionar qual a melhor forma de representar tal tópico visando favorecer a aprendizagem dos alunos.

Considerando as especificidades presentes no PCK, podemos dizer que esse construto representa um marco no processo de profissionalização docente porque ele descreve um corpo específico de conhecimentos requeridos para o exercício da profissão. Por exemplo, poderíamos pensar que o conhecimento de um professor de Química envolveria seu entendimento sobre: como os conhecimentos químicos são produzidos e validados na comunidade científica; quais as possibilidades de organizar os conteúdos químicos no currículo tendo em vista os pré-requisitos necessários para aprendizagens futuras (por exemplo, o entendimento sobre a descontinuidade da matéria é um pré-requisito para o aprendizado de ligações químicas); a compreensão sobre quais conteúdos são ensinados frequentemente (por exemplo, o conteúdo associado aos modelos atômicos é mais recorrente no ensino de Química do que o conteúdo de radioatividade); as possibilidades de representação de ideias (por exemplo, o uso de diferentes modos de representação dos níveis macroscópico e submicroscópico), entre outros aspectos.

Nos últimos anos, o construto PCK também tem sido usado no campo da argumentação para investigar os conhecimentos do professor relacionados a esta prática (Mcneill e Knight, 2013; Mcneill *et al.*, 2015). Por exemplo, McNeill e Knight (2013) defendem o uso do PCK para investigar os conhecimentos dos professores sobre a prática científica de

argumentar baseado no documento “A Framework for K-12 Science Education” (NRC, 2012) e nos argumentos de Davis e Krajcik (2005). Segundo esse documento, o conhecimento de conteúdo de ciências a ser aprendido pelos alunos na escola consiste de três dimensões: práticas, conceitos transversais e ideias disciplinares centrais. De acordo com Davis e Krajcik (2005), o conhecimento do professor sobre práticas científicas é um aspecto distinto e importante de seu PCK, porque o professor precisa saber como engajar os alunos em práticas da disciplina, tais como fazer questões, planejar investigações e construir explicações com base em evidências. Frente a isso, McNeill e Knight (2013) reconhecem a existência de PCK de práticas científicas uma vez que as práticas científicas estão relacionadas aos conteúdos de ciências. Em especial, elas se propõem a investigar os aspectos relacionados ao *conhecimento sobre as concepções dos estudantes* e ao *conhecimento sobre estratégias de ensino*. A investigação sobre esses dois aspectos é realizada considerando as concepções dos alunos a respeito da argumentação e estratégias usadas pelos professores para favorecer o desenvolvimento da prática argumentativa em suas salas de aulas.

Com o intuito de discutir, de uma forma mais detalhada, o construto PCK de argumentação proposto por McNeill e colaboradores (McNeill e Knight, 2013; McNeill *et al.*, 2015), julgamos importante tecer e retomar algumas considerações sobre PCK, pois embora haja diferentes modelos para esse construto (por exemplo, Park e Oliver, 2008; Mavhunga e Rollnick, 2013; Gess-Newsome, 2015; Berry *et al.*, 2017), na literatura parece haver um acordo sobre a estreita relação do mesmo com o conhecimento de conteúdo do professor. Essa relação é tão forte que pesquisadores, como Mavhunga e Rollnick (2013), têm investigado especificamente o PCK para tópicos específicos.

Segundo a definição original de PCK, ele está relacionado às formas e estratégias usadas pelo professor para tornar um conteúdo mais compreensível aos seus alunos. Isto implica no fato de os demais aspectos constituintes do PCK do professor estarem relacionados ao ensino de um determinado conteúdo científico curricular. Em outras palavras, os conhecimentos do professor sobre as concepções dos alunos, estratégias de ensino e avaliação dizem respeito ao tópico científico a ser ensinado.

O conhecimento de conteúdo do professor envolve o entendimento da estrutura do conteúdo, o que segundo Schwab (1978 apud Shulman, 1986), incluiria as estruturas substantiva e sintática. Assim, seria plausível afirmar, como defendido no documento americano (NRC, 2012), que as práticas científicas (nas quais se inclui a prática de argumentar) deveriam fazer parte do conhecimento de conteúdo do professor, haja vista a sua estrutura sintática. Apesar disso, defendemos que a utilização do constructo PCK para compreender os conhecimentos docentes em relação a essas dimensões de conhecimento é inapropriada, visto que o conhecimento do professor diz respeito à prática científica em geral, ao invés de um conteúdo científico curricular (Ibraim e Justi, 2016). Isto significa que o entendimento do professor sobre tais elementos extrapola o domínio científico curricular e as formas de torná-lo compreensível aos seus alunos.

Consideramos que o ensino de argumentação não deveria ser desenvolvido apenas na dimensão conceitual, o que significa o aluno construir conhecimentos apenas relativos ao campo da argumentação como, por exemplo, saber diferenciar uma evidência de uma justificativa. Julgamos que, além disso, é o professor engajar os alunos em diferentes ambientes argumentativos de tal forma que eles possam desenvolver seus conhecimentos sobre argumentação e suas habilidades argumentativas em diferentes contextos. Além disso, Williams (2011) aponta que o ensino de argumentação não pode ocorrer livre de conteúdo científico, porque um argumento que não é embasado em conhecimentos científicos pode não ser efetivo ou, ainda, pode não contribuir para a alfabetização científica dos alunos.

O ensino de argumentação focado no desenvolvimento dos conhecimentos processuais e epistêmicos deveria envolver, por exemplo, a reflexão com os alunos sobre a validade de um argumento frente ao seu contexto de produção, sobre o que torna um argumento mais fraco ou forte em um contexto, sobre quais dados podem ser usados como evidências em determinadas situações etc. Portanto, o desenvolvimento dos conhecimentos de argumentação nessa perspectiva nos parece mais coerente do que apenas o ensino conceitual de argumentação, pois, em seu cotidiano, os alunos poderão utilizar esses conhecimentos para realizar análises críticas das situações e tomar decisões conscientes, isto é, agir como cidadãos.

Em termo do papel do professor, isto significa que o professor deveria ter outros conhecimentos para além da sua capacidade de transformar o conteúdo de argumentação em uma forma que seja compreensível aos alunos. Isto porque o objetivo de envolver argumentação no ensino de ciências é favorecer a formação de um sujeito crítico, o que está mais relacionado ao desenvolvimento dos conhecimentos processuais e epistêmicos, das habilidades argumentativas e do raciocínio crítico dos alunos do que apenas ao conhecimento do conteúdo de argumentação. Por exemplo, o fato de um aluno saber que evidências são dados que podem ser usados para sustentar uma conclusão (Jiménez-Aleixandre, 2010) não significa que ele saiba avaliar a validade e credibilidade de uma evidência em diferentes contextos.

Destacamos também que o professor pode utilizar práticas científicas como a argumentação para facilitar a aprendizagem dos alunos. Por exemplo, o professor pode trabalhar o conteúdo científico curricular por meio da construção de argumentos baseados na análise das evidências. Nesse caso, consideramos que a argumentação desempenha o papel de estratégia de ensino, pois o seu uso contribui para a aprendizagem conceitual. Então, neste caso, esse conhecimento estaria relacionado ao PCK do professor. Porém, mesmo nessa situação, o construto 'PCK de argumentação' nos parece inadequado, visto que o conhecimento sobre como utilizar a argumentação para favorecer a aprendizagem conceitual significaria um dos aspectos do conhecimento pedagógico de conteúdo do professor.

A nosso ver, a expressão *PCK de argumentação* pode ser considerada adequada apenas quando estamos caracterizando o conhecimento de professores formadores. Exclusivamente nesse caso, o professor formador tem o objetivo de ensinar um conteúdo específico de uma área de conhecimento. Por exemplo, em nossa pesquisa de Mestrado (Ibraim, 2015), na qual investigamos o desenvolvimento dos conhecimentos de argumentação de futuros professores de Química, é possível observar que a professora formadora utilizou várias estratégias de ensino (por exemplo, atividades em grupo, discussão de textos etc.) para que os futuros professores aprendessem sobre argumentação. Além disso, ela ensinou explicitamente sobre os elementos estruturais de um argumento (por exemplo, evidências, justificativas) que, naquela situação, constituíam o conteúdo que estava sendo ensinado aos futuros professores.

Em resumo, McNeill e colaboradores (McNeill e Knight, 2013; McNeill *et al.*, 2015) tratam a argumentação como um tópico específico e, conseqüentemente, reconhecem os conhecimentos e dificuldades apresentados pelos alunos e as estratégias de ensino relativas a ele. Esta ideia de tópico específico pode ser encontrada no modelo *Topic Specific PCK* (TSPCK)¹¹ proposto por Mavhunga e Rollnick (2013). Entretanto, isto pode gerar um problema ou uma má compreensão sobre o ensino envolvendo tais aspectos. Ao considerar argumentação como um tópico específico para o ensino de ciências, o que justificaria a existência do *PCK de argumentação*, estaríamos assumindo, mesmo que indiretamente, que argumentação representa um conteúdo a ser somado à grade curricular e não incorporado ao ensino dos demais conteúdos científicos. Em outras palavras, argumentação seria um conteúdo tal como ligações químicas, reações químicas etc.

Além disso, ressaltamos que, ao pensar o ensino de argumentação como um tópico específico de conteúdo, estamos assumindo o risco de esse ensino ocorrer apenas na dimensão conceitual, o que pode resultar no desenvolvimento, por parte dos alunos, de conhecimentos declarativos de argumentação. Em outras palavras, os alunos poderiam desenvolver seus conhecimentos sobre o significado dos elementos relativos à argumentação. Entretanto, isso não implica no fato de eles conseguirem mobilizar esses conhecimentos para outras situações, principalmente situações do seu cotidiano. Conseqüentemente, isto poderia não contribuir para o desenvolvimento da alfabetização científica dos alunos. Um cidadão alfabetizado cientificamente deve ser capaz de se engajar em discussões públicas que envolvem conhecimento científico e tecnológico (Nrc, 1996), e para isso é necessário que os sujeitos desenvolvam seus conhecimentos sobre ciência e suas capacidades argumentativas e saibam articular esses conhecimentos, o que não pode ser alcançado apenas pelo ensino declarativo de argumentação.

Considerando as discussões apresentadas, julgamos que utilizar o construto PCK em contextos diferentes do científico curricular pode representar uma apropriação inadequada ou um entendimento superficial do mesmo, no sentido de entender que PCK expressa apenas as boas práticas do professor em sala de aula e suas características. Diante

¹¹ Em português significa PCK em tópico específico. Optamos por utilizar o nome e as siglas em inglês devido à sua ampla utilização na literatura da área de conhecimento docente.

disso, em minha pesquisa de Mestrado (Ibraim, 2015) construímos, a partir da literatura da área de argumentação, um modelo alternativo para caracterizar os conhecimentos docentes relativos à argumentação, os quais não estão diretamente relacionados ao domínio de conhecimento científico curricular.

2.3.2 Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação

Apesar de reconhecermos a impossibilidade de utilizar o PCK para retratar os conhecimentos docentes no âmbito da argumentação, ao criar o modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*, nos inspiramos nas ideias de Shulman. A partir delas, inferimos que para que o professor possa trabalhar com argumentação em sala de aula e envolver seus alunos em um ambiente argumentativo, ele precisa ter conhecimentos tanto na dimensão conceitual quanto relacionados aos aspectos pedagógicos no contexto de ensino envolvendo argumentação. Esses conhecimentos contemplados no modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* foram propostos a partir do nosso entendimento sobre: (i) as perspectivas teóricas sobre argumentação, especificamente, sobre a lógica, a dialética e a retórica; (ii) os estudos sobre os programas de formação de professores focados em argumentação; e (iii) o papel da argumentação no ensino de ciências. Portanto, esse construto tem caráter teórico, uma vez que a sua construção foi baseada unicamente na literatura da área. Para apresentá-lo, optamos por dividir as discussões em relação às contribuições provenientes da literatura em: (i) contribuições das perspectivas sobre argumentação e (ii) outras contribuições, isto é, contribuições dos programas de formação de professores e considerações sobre o papel da argumentação no ensino de ciências. Nossa opção por discutir as contribuições dos programas de formação de professores junto com o papel da argumentação no ensino de ciências é decorrente da nossa compreensão de que tais programas são formulados levando em conta os objetivos e os porquês de se envolver argumentação no ensino de ciências.

2.3.2.1. Contribuições das perspectivas teóricas sobre argumentação

A argumentação pode ser entendida a partir de três perspectivas: retórica, dialética e lógica (Wenzel, 1990). Diferente dos pesquisadores que têm adotado apenas uma dessas perspectivas para estudar a argumentação, Wenzel (1987; 1990) aposta na junção das

três para investigar e compreender a prática argumentativa. Consideramos que as três perspectivas podem contribuir para nossa compreensão sobre os conhecimentos docentes necessários para o ensino envolvendo argumentação, pois o processo de ensino pautado em argumentação é algo complexo e envolve uma multiplicidade de fatores. Logo, um entendimento mais amplo sobre a argumentação pode iluminar nossa compreensão sobre as especificidades desse tipo de conhecimento docente.

Antes de apresentarmos as contribuições das perspectivas teóricas de argumentação para a construção do modelo de *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*, julgamos importante discutir, mesmo que de forma breve, sobre cada uma das perspectivas, pois consideramos que isso pode facilitar o entendimento do leitor sobre as contribuições elencadas por nós. Além disso, ressaltamos a impossibilidade de conceber o ensino de ciências envolvendo argumentação a partir de apenas umas dessas perspectivas.

Lógica

Os estudos sobre a argumentação baseados na perspectiva lógica enfatizam a análise dos argumentos e se dividem em dois grupos: lógica formal e informal. Nessa perspectiva, os argumentos significam pequenas unidades que são construídas pelos oradores no discurso e, posteriormente, são tomadas pelos estudiosos da argumentação para análise (Wenzel, 1990).

Na lógica formal, a prática argumentativa se refere à produção de construções silogísticas¹², os argumentos, e a análise das mesmas é realizada considerando a construção de uma forma silogística correta. Portanto, os lógicos formais não levam em consideração o processo de raciocínio envolvido na construção do argumento ou o contexto de produção dos mesmos (Van Eemeren *et al.*, 1996). Por outro lado, os lógicos informais se interessam por argumentos que são mobilizados no cotidiano e, conseqüentemente, são sociais. Em outras

¹² O silogismo é um tipo de construção lógica composto por premissas maiores e menores que levam à dedução de uma conclusão (Wenzel, 1990). Neste caso, as premissas e a conclusão são afirmativas categóricas. Por exemplo, “Todas as cobras são répteis.” (premissa maior). “Todos os répteis são de sangue frio.” (premissa menor). “Portanto, todas as cobras são de sangue frio.” (conclusão).

palavras, os argumentos são mobilizados no contexto de uma prática social complexa, na qual os sujeitos envolvidos negociam significados, valores, estabelecem regras etc. (Van Eemeren *et al.*, 1996). Dessa forma, as conclusões são consideradas passíveis de aceitação, isto é, elas não são verdades absolutas, o que implica em poderem ser refutadas frente a novas evidências ou à invalidação das premissas.

O desenvolvimento da perspectiva da lógica informal contou com a contribuição da obra de Stephen Toulmin, de 1958. Nela, Toulmin rejeita a ideia de que há normas universais para avaliar os argumentos, assim como era proposto pelos lógicos formais, e defende que há diferenças entre as normas para avaliar a argumentação desenvolvida no cotidiano e em outros contextos (Van Eemeren *et al.*, 1996). Nesse sentido, Toulmin (1958) aceita como argumentação uma tentativa do sujeito de justificar uma afirmativa ou um conjunto delas. E, por reconhecer a dimensão social da argumentação, o autor propôs que a afirmativa, ou ponto de vista, pode ser diretamente aceito por uma audiência ou esta pode requerer que o sujeito apresente algum suporte para a sua afirmativa.

A partir desse entendimento sobre a prática argumentativa, Toulmin (1958) propôs três passos fundamentais para o desenvolvimento da argumentação: (i) a expressão de uma afirmativa ou conclusão; (ii) a apresentação de dados que sustentam a afirmativa ou conclusão; e (iii) a apresentação de uma justificativa para usar aqueles dados como suporte para a afirmativa ou conclusão. Nesse caso, a justificativa funciona como um elo que conecta os dados à conclusão.

Em resumo, há uma diferença significativa entre os lógicos formais e informais no que diz respeito ao entendimento de o que conta como argumento. Para os lógicos formais, um bom argumento é aquele que obedece a lógica de uma construção silogística. Por outro lado, para os lógicos informais, um bom argumento é constituído por uma afirmativa ou conclusão apoiada por evidências e justificativas pertinentes e suficientes em seu contexto de produção.

No que diz respeito ao ensino de ciências, Bricker e Bell (2008) rejeitam a possibilidade de conceber o ensino envolvendo argumentação a partir da perspectiva da lógica formal. Isso porque os autores consideram que essa abordagem não contribui para o

envolvimento dos alunos em um ambiente argumentativo e que o ensino de ciências não deveria ser pautado em construções silogísticas. Concordamos com Bricker e Bell em relação ao fato de que os alunos não deveriam ser engajados na construção de estruturas silogísticas. Além disso, destacamos que pautar o ensino de ciências apenas na abordagem lógica pode ser comprometedor, pois a lógica está associada à avaliação do argumento e, dessa forma, o ensino de ciências poderia envolver apenas os argumentos científicos. Assim, o papel do professor seria apresentar evidências e justificativas para o conhecimento científico, o que significaria uma predominância da abordagem de autoridade¹³.

Por outro lado, consideramos que a perspectiva da lógica informal pode iluminar o nosso entendimento sobre o papel da argumentação no ensino de ciências e os conhecimentos necessários ao professor para conduzir o ensino nesta perspectiva. Isto porque esta vertente chama atenção para o fato de os argumentos serem dependentes do contexto de produção. Consequentemente, os critérios utilizados no processo de avaliação dos argumentos também estão relacionados ao contexto. Somado a isso, sabemos que os cientistas precisam apresentar suas justificativas para as conclusões e precisam interpretar os dados à luz de modelos teóricos, de forma que estes possam ser utilizados para sustentar suas conclusões. Assim, os elementos básicos elencados por Toulmin no processo de desenvolvimento da argumentação são coerentes com o processo de produção de argumentos científicos. Portanto, é possível afirmar que estes podem ser incluídos no processo de ensino autêntico de ciências, isto é, um ensino que busca oferecer ao aluno a oportunidade de se envolver em práticas científicas de forma que ele possa aprender sobre a ciência e suas práticas de construção, avaliação, legitimação e divulgação do conhecimento científico (Gilbert, 2004; Cavagnetto, 2010).

Retórica

A retórica é geralmente associada às situações nas quais há diferença de opinião e uma das partes busca persuadir a outra com a intenção de convencê-la a qualquer custo.

¹³ De acordo com Mortimer e Scott (2003), a abordagem de autoridade é centrada em um só ponto de vista e não há nenhuma discussão sobre as diferentes ideias. No ensino de ciências, o discurso de autoridade representa uma abordagem de ensino focada apenas no ponto de vista científico, ou na visão do professor sobre o mesmo.

Essa visão popular sobre a retórica tem sido criticada por alguns autores (por exemplo, Wenzel, 1987; Rigotti e Morasso, 2009). Wenzel (1990) chama atenção para o fato de a retórica estar associada às situações nas quais os sujeitos precisam decidir entre duas ou mais alternativas, e há boas razões para aceitar todas as alternativas. Nesse caso, o orador deve elaborar um argumento, seja oral ou escrito, que ajude os membros do grupo a solucionar um problema, ou a tomar uma decisão, escolhendo a melhor alternativa para o grupo. Nesse sentido, Wenzel contraria a ideia de Aristóteles de que a retórica significa a persuasão a todo custo, pois, nesse caso, o sujeito não pode usar suas habilidades retóricas para enganar uma audiência (Wenzel, 1990). Em outras palavras, o papel do orador não é vencer a discussão, obter uma vitória pessoal; seu papel é oferecer e apresentar boas razões que sustentem as melhores decisões (Wenzel, 1990).

Em algumas situações do cotidiano, ao discutir uma situação controversa, o orador busca convencer os demais participantes sobre a validade do seu ponto de vista, busca obter uma vitória pessoal. Nesses casos, o orador pode não levar em consideração as boas razões para as demais alternativas, ou recorrer ao apelo emocional, ou ao julgamento de valor para sustentar sua argumentação. Embora reconheçamos esse tipo de argumentação como possível e até mesmo aceitável em determinados contextos, salientamos que essa visão tem uma menor contribuição para o nosso objetivo de estabelecer os conhecimentos docentes coerentes com o ensino pautado em argumentação. Isto porque, considerando as características da argumentação científica (por exemplo, a avaliação da coerência entre as evidências e justificativas apresentadas e a conclusão estabelecida), julgamos que nem todo tipo de argumentação, ou de persuasão, pode ser considerado adequado. Em outras palavras, os alunos devem ser motivados a apresentar as boas razões que os fizeram escolher uma alternativa ou tomar uma decisão, ao invés de simplesmente convencer os colegas da validade, ou veracidade, de sua resposta.

Apesar de reconhecermos a importância da retórica no processo de ensino, destacamos que pautar o ensino de ciências apenas nessa perspectiva pode ser um limitador. Um ensino baseado exclusivamente na retórica pode representar um ensino no qual o papel do professor é *unicamente* o de convencer os alunos da validade do conhecimento científico, isto é, apresentar as boas razões para que eles aceitem a visão da ciência para explicar os

fenômenos investigados. Driver *et al.* (2000) salientam que o fato de o professor prover aos alunos todas as evidências que sustentam o conhecimento científico pode impedir que eles aprendam a buscar e analisar evidências e justificativas para os conhecimentos científicos e, conseqüentemente, pode impedir que eles desenvolvam habilidades científicas. Além disso, esses autores ressaltam que o professor deve dar oportunidade aos alunos de raciocinar, articular as evidências e as justificativas com a conclusão, tentar convencer seus pares sobre a validade do seu ponto de vista, expressar dúvidas, questionar, e expressar ideias alternativas.

Dialética

A perspectiva dialética surge do entendimento de que o estudo sobre a argumentação seria melhor compreendido se o entendimento sobre argumentação fosse baseado na prática argumentativa que é desenvolvida no cotidiano (Van Eemeren *et al.*, 1996; Van Eemeren *et al.*, 2014). Partindo dessa ideia, a argumentação é concebida como um processo de produção de argumentos, no qual o orador deve apresentar uma sequência de proposições que sustente a sua posição no discurso com o objetivo de persuadir o interlocutor. Nesse caso, a presença do interlocutor é essencial, uma vez que nesse processo argumentativo ele assume o papel de juiz, isto é, ele avalia a validade e a plausibilidade do argumento apresentado pelo orador (Van Eemeren *et al.*, 2014). Assim, o processo argumentativo é dialógico e tem por objetivo convencer o outro da aceitabilidade de um ponto de vista a partir de uma análise crítica sobre a plausibilidade do argumento a ele relacionado.

Em resumo, a dialética lida com a racionalidade envolvida nos princípios e processos usados para organizar as interações argumentativas (Wenzel, 1990), isto é, está relacionada aos processos envolvidos na construção de um argumento e ao contexto dessa produção, de tal forma que a ideia de plausibilidade se torna um elemento essencial no julgamento da aceitação dos argumentos. Na prática, a plausibilidade significa que a aceitação de um argumento pode ser determinada a partir de critérios estabelecidos pelos sujeitos envolvidos nos processos argumentativos (Rigotti e Morasso, 2009).

Julgamos que a perspectiva dialética apresenta contribuições para o estabelecimento dos conhecimentos docentes relativos à argumentação porque ela destaca a ideia de plausibilidade de um argumento e o papel do interlocutor como um juiz que deve avaliar o argumento produzido. Em outras palavras, diferente das perspectivas anteriores, na dialética a validade e aceitabilidade do argumento é estabelecida a partir das relações entre os sujeitos e da análise crítica realizada por eles a partir de critérios compartilhados. Em termos práticos, em salas de aula, isso implica, por exemplo, na ocorrência de situações dialógicas nas quais o professor aceita como adequadas e válidas as ideias prévias dos alunos, e julga as evidências apresentadas pelos alunos de acordo com os momentos de aprendizagem.

Porém, assim como apontamos na discussão das demais perspectivas, reconhecemos que pautar o ensino apenas na dialética pode resultar em um ensino exclusivamente centrado na abordagem dialógica¹⁴, o que dificultaria a discussão de um conhecimento canônico, o qual foi produzido, validado e legitimado por uma comunidade científica que compartilha um modo específico de ‘ver’ e explicar o mundo natural. A visão da ciência pode ser e, em muitos casos é, diferente dos modos que os alunos concebem o mundo natural. Sendo assim, é necessário que o professor trabalhe com as evidências para o conhecimento científico, questione a plausibilidade das ideias dos alunos frente a novas situações problemas etc.

Considerações gerais sobre as contribuições das perspectivas teóricas de argumentação

Diante das considerações apontadas anteriormente, estabelecemos, a partir da perspectiva da lógica informal, que o professor deveria ter conhecimentos sobre a estrutura básica de um argumento, porque eles podem contribuir para que o professor discuta as evidências e as justificativas apresentadas para os conhecimentos científicos, assim como o seu significado e importância para a construção dos mesmos. O fato de o professor ter esse tipo de conhecimento pode favorecer que ele solicite aos alunos a apresentação das

¹⁴ A abordagem dialógica permite a manifestação de diferentes pontos de vistas ou vozes e esses múltiplos pontos de vista são considerados igualmente válidos (Mortimer & Scott, 2003).

evidências e justificativas para as suas conclusões, além de engajar os alunos no processo de avaliação dos enunciados com base nas evidências disponíveis.

Associando a perspectiva lógica informal à retórica, consideramos importante o professor entender que o fato de o conhecimento ser produzido a partir da articulação entre evidências e justificativas implica em: (i) ele poder ser refutado quando há novas evidências ou quando surgem novas possibilidades de interpretações para as evidências disponíveis; (ii) diferentes pessoas, com diferentes referenciais teóricos, poderem interpretar os mesmos dados de forma diferente, gerando novas evidências e explicações alternativas para um mesmo fenômeno; e (iii) existirem limitações na análise de uma evidência ou no modelo teórico utilizado para a interpretação de dados e construção de evidências.

A partir da perspectiva dialética, propusemos como fundamental o professor entender que a avaliação e a validação de evidência(s) e, conseqüentemente, da conclusão, depende do contexto no qual o argumento é produzido. Por exemplo, na argumentação cotidiana, podemos utilizar argumentos fundamentados em opinião pessoal e julgamento de valor, enquanto no contexto científico argumentos baseados em evidências desse tipo não podem ser considerados aceitáveis.

Diante dessas considerações, defendemos que o professor precisa compreender os elementos básicos de um argumento e as capacidades requeridas para que alguém se envolva na argumentação. Mais especificamente, isso significa saber que: (i) *afirmativas* são respostas às questões, *justificativa* é o elemento que conecta os dados à conclusão (Toulmin, 1958), e *evidências* são dados que podem dar suporte às conclusões (Jiménez-Aleixandre, 2010); (ii) *refutar* é propor um argumento que invalida o ponto de vista de outro sujeito participante do diálogo, *elaborar teorias alternativas* significa propor diferentes interpretações a partir das mesmas evidências, e *contra argumentar* é reconhecer em que aspecto do, ou em quais condições, o seu próprio argumento pode ser invalidado por outro sujeito (Kuhn, 1991).

Além desses conhecimentos, julgamos importante o professor compreender os motivos ou intenções que mobilizam uma situação argumentativa, isto é, a argumentação no âmbito dialógico. A argumentação está associada às situações de persuasão de uma audiência

(Jiménez-Aleixandre e Erduran, 2008), assim como apontado na retórica, ou às situações nas quais se busca justificar ou avaliar afirmativas de conhecimento a partir de evidências disponíveis, o que envolve o estabelecimento de critérios para validação de argumentos. Dessa forma, há uma relação entre essas intenções da prática argumentativa, os elementos básicos de um argumento (evidência, justificativa e afirmativa), e as capacidades argumentativas (refutar, elaborar teoria alternativa e contra argumentar). Por exemplo, se a intenção de um sujeito é persuadir uma audiência, ele constrói argumentos utilizando evidências que podem respaldar sua teoria pessoal ou reinterpretar evidências disponíveis de forma a invalidar o ponto de vista contrário, ou seja, o sujeito utiliza os elementos de um argumento para refutar uma ideia. Logo, o entendimento sobre as situações argumentativas pode contribuir para que o professor ensine ou trabalhe com os alunos a mobilização dos conhecimentos estruturais e das capacidades argumentativas durante as situações de discussões, sejam elas direcionadas à persuasão, à avaliação ou à elaboração de justificativas, tanto no contexto científico quanto no sociocientífico.

Apesar de considerarmos os conhecimentos destacados anteriormente essenciais para que o professor possa trabalhar com argumentação no contexto de ensino, reconhecemos que apenas eles não são suficientes para que o mesmo saiba *como* criar um ambiente argumentativo em sala de aula e *como* conduzi-lo. Isto porque tais aspectos estão mais atrelados ao conhecimento sobre a natureza da prática argumentativa. Logo, eles não envolvem aspectos relacionados ao *como* favorecer a ocorrência de situações argumentativas em sala de aula, engajar os alunos em situações argumentativas, e conduzir tais situações.

Diante disso, julgamos que os professores precisam ter outros conhecimentos para que possam ensinar ciências por argumentação. A fim de identificar os elementos desses outros conhecimentos, analisamos alguns trabalhos sobre programas de formação em argumentação na perspectiva explícita.

2.3.2.2. Outras contribuições

Inicialmente, ressaltamos que há um número restrito de trabalhos relacionados ao ensino explícito de argumentação¹⁵ no contexto de formação de professores e, por isso, abordamos a estrutura de apenas quatro programas de formação de professores em argumentação: Simon, Erduran e Osborne (2006); McNeill e Knight (2013); Zembal-Saul (2009); e Ibraim e Justi (2016). A partir disso, discutimos alguns elementos elencados com base em nossa análise. Destacamos que apresentamos apenas as estruturas dos programas, sem discutir as contribuições dos mesmos para o desenvolvimento dos conhecimentos dos professores, visto que nosso interesse no momento é evidenciar como esses estudos iluminaram nosso entendimento sobre os demais conhecimentos necessários ao professor para ensinar ciências envolvendo argumentação.

Durante o primeiro ano de um projeto direcionado ao desenvolvimento da prática de professores em argumentação, Simon, Erduran e Osborne (2006) estudaram o desenvolvimento das habilidades de trabalhar com argumentação de 12 professores. Os professores envolvidos tinham experiências de ensino variadas e, durante o programa, tiveram a oportunidade de discutir sobre atividades de argumentação em contextos científicos e sociocientíficos. Segundo os autores, os professores participaram de oficinas nas quais puderam discutir sobre o formato de uma atividade sociocientífica e sobre como trabalhá-la em sala de aula. Além disso, para que pudessem construir sua própria prática pedagógica, eles foram introduzidos a uma variedade de estratégias pedagógicas e tipos de atividades argumentativas. Eles também tiveram instruções sobre como estruturar as atividades focando na argumentação e como trabalhá-las a partir da proposição de questões abertas. Os professores foram, ainda, introduzidos à ferramenta analítica “Padrão de Argumentação de Toulmin” (Toulmin, 1958), para que pudessem compreender os elementos que estão envolvidos na estrutura de argumentos. Por fim, as oficinas oportunizaram aos professores discutir sobre as atividades confeccionadas e trocar experiências.

¹⁵ Nessa perspectiva, os professores aprendem o que é um argumento e sobre o processo de argumentação, além de serem convidados a trabalhar com atividades focadas em argumentação e a refletir sobre essa experiência.

Ainda no contexto de formação continuada, McNeill e Knight (2013) investigaram o impacto que um programa relacionado ao ensino de argumentação na formação continuada de professores do ensino básico tinha sobre os conhecimentos de argumentação dos participantes. Os professores envolvidos participaram de três oficinas relacionadas à argumentação científica. Inicialmente, eles aprenderam sobre o papel da afirmativa ou conclusão, das evidências e das justificativas. Além disso, eles analisaram vídeos de situações de salas de aulas envolvendo argumentação e argumentos escritos dos alunos, e discutiram sobre as dificuldades dos alunos relacionadas à argumentação. Tendo em vista as discussões anteriores, os professores, em grupo, planejaram uma atividade para introduzir argumentação em suas salas de aulas. Em um segundo momento, eles trocaram experiências sobre o trabalho com argumentação em suas salas de aulas e discutiram sobre uma variedade de estratégias que poderiam favorecer a prática argumentativa ao ensinar. A partir disso, eles planejaram uma segunda atividade envolvendo uma das estratégias para promover argumentação em sala de aula. Por último, os professores analisaram as transcrições de dois episódios de ensino relacionados à argumentação e discutiram suas experiências sobre o ensino de argumentação. Eles também aprenderam como planejar atividades para avaliar a argumentação dos alunos e estratégias para fornecer *feedbacks* aos mesmos sobre a qualidade de seus argumentos.

Ao contrário dos programas anteriores, Zembal-Saul (2009) se dedicou à formação inicial de professores de ciências do ensino fundamental. Neste trabalho, ela discute os resultados de pesquisas que investigaram o desenvolvimento do entendimento de futuros professores sobre o ensino de ciências por argumentação e suas práticas para ensinar nessa perspectiva durante a participação dos mesmos em um programa de formação de professores.

No programa, inicialmente, os licenciandos tinham a chance de: (i) vivenciar o ensino investigativo de conteúdos de ciências; (ii) observar o discurso associado ao ensino de ciências por argumentação; e (iii) assistir vídeos de episódios de ensino que retratavam aspectos particulares do ensino por argumentação. Depois, os professores em formação

planejaram atividades baseadas na ferramenta *ensino por argumentação*¹⁶, de forma que as atividades contribuíssem para o ensino autêntico de ciências. Por último, após aplicar as atividades planejadas, os licenciandos refletiam em grupos sobre episódios de suas aulas.

Assim como Zembal-Saul, em meu trabalho de Mestrado (Ibraim, 2015), investiguei um programa de formação inicial, no caso, ministrado em um curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública federal brasileira. Durante um período de quatro meses, os alunos da disciplina discutiram com a professora formadora sobre o papel de evidências e justificativas na construção de argumentos e do conhecimento científico; aprenderam sobre estratégias e materiais favoráveis à argumentação; foram envolvidos em atividades que mobilizavam seus conhecimentos de argumentação; discutiram textos e abordagens de ensino relacionadas à temática; e tiveram duas oportunidades de produzir materiais direcionados à argumentação e de atuar como professores ao utilizar esses materiais em aulas simuladas.

A partir da análise das estruturas dos programas descritos anteriormente, identificamos que os métodos utilizados para abordar argumentação com os participantes dos programas de formação foram diferentes. Porém, todos os programas de formação deram especial atenção à promoção de oportunidades para que os participantes desenvolvessem atividades baseadas em argumentação e estabelecessem suas próprias ações favoráveis à prática argumentativa. Portanto, podemos concluir que os autores daqueles programas consideravam importante os conhecimentos do professor relacionados a elaborar e trabalhar com atividades de ensino envolvendo argumentação.

Frente aos aspectos contemplados nos programas descritos, consideramos que, como apresentado em Ibraim (2015) e Ibraim e Justi (2016), o conhecimento do professor para ensinar envolvendo argumentação está estreitamente relacionado aos conhecimentos:

- de estratégias de ensino para favorecer a argumentação. Tal conhecimento se refere à variedade de estratégias que podem ser utilizadas pelos professores com o intuito

¹⁶ A ferramenta enfatiza a estrutura do argumento como um orientador das discussões em sala; o desenvolvimento do raciocínio relativo à construção das evidências e à avaliação dos enunciados com base nas evidências; e o uso da linguagem científica.

de engajar os alunos em situações argumentativas. Pesquisas da área têm apontado algumas estratégias que foram utilizadas pelos professores e se mostraram efetivas na criação de ambientes argumentativos como, por exemplo: (i) atividades investigativas (por exemplo, Mendonça e Justi, 2013b; Sampson *et al.*, 2013; Walker e Sampson, 2013; Oliveira *et al.*, 2015); (ii) proposição de discussão de questões controversas, sociocientíficas ou não (Jiménez-Aleixandre e Pereiro Muñoz, 2002; Mork, 2005; Dawson e Venville, 2010); (iii) proposição de júri simulado (Martins, 2015), etc.;

- de materiais instrucionais que sejam coerentes com a perspectiva de ensino por argumentação. É fundamental que os professores tenham conhecimento sobre as características desses materiais favoráveis ao desenvolvimento da argumentação (como, por exemplo, o fato de eles necessariamente envolverem problemas que permitem a ocorrência de múltiplas respostas) para que possam julgar a adequação dos mesmos frente aos objetivos do ensino e possam confeccionar seus próprios materiais. Além disso, é importante que os professores conheçam vários materiais instrucionais para que possam selecionar qual o melhor material para ensinar determinado tópico envolvendo argumentação ou sobre a própria prática de argumentar;
- de ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação. Os professores precisam compreender quais ações podem e devem ser realizadas por eles para engajar os alunos na prática argumentativa a partir da estratégia selecionada, para favorecer a criação de ambientes argumentativos a partir dos materiais instrucionais etc. Por exemplo, durante o ensino de um tópico envolvendo experimentação, o professor pode, a partir de questões abertas, solicitar que os alunos apresentem suas justificativas para suas observações e conclusões ou, ainda, quando os alunos apresentam ideias divergentes, o professor pode estimulá-los a discutir sobre a validade de suas ideias, justificativas e evidências apresentadas.

Em relação as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*, destacamos que, baseado em alguns trabalhos que apontam ações dos professores que favorecem a argumentação em sala de aula, elencamos algumas ações favoráveis ao ensino envolvendo

argumentação, as quais são apresentadas no contexto da discussão de seus trabalhos de origem.

Segundo Driver *et al.* (2000), no ensino envolvendo argumentação, o professor deve: (i) apontar as diferentes interpretações para a questão problema; (ii) solicitar que os alunos avaliem as evidências disponíveis para sustentar cada uma das interpretações possíveis para o problema; (iii) organizar a discussão entre os alunos de forma a favorecer a reflexão dos mesmos sobre a validade das diferentes interpretações, conduzi-los a contrastar as diferentes interpretações, e eleger a melhor ou as melhores explicações para a situação problema.

Mork (2005) aponta alguns movimentos importantes realizados pelo professor ao conduzir um debate sobre uma situação controversa: (i) questionar os alunos sobre a validade e coerência das informações apresentadas, a partir de solicitação direta de explicações ou da solicitação de que outro grupo avalie as ideias apresentadas pelos colegas; (ii) retomar as questões presentes no debate de forma a mantê-lo 'vivo'; e (iii) formular questões para os alunos com o intuito de envolvê-los na discussão.

Simon *et al.* (2006) avaliaram as falas de um professor ao trabalhar com uma atividade do tipo sociocientífica e elencaram uma série de ações desempenhadas pelo professor que favoreceram o processo argumentativo no contexto de ensino: (i) encorajar os alunos a participar da discussão, a ouvir os colegas, a manifestar suas ideias, a apresentar justificativas para seus argumentos, a avaliar os argumentos apresentados pelos colegas, a formular contra-argumentos, a simular papéis em situações de debates, e a refletir sobre o processo argumentativo; (ii) definir e exemplificar argumentos; (iii) valorizar os diferentes posicionamentos dos alunos; (iv) prover e avaliar evidências; (v) avaliar os argumentos em relação às evidências apresentadas; e (vi) apresentar argumentos que desafiem as ideias dos alunos.

Mais recentemente, Scarpa *et al.* (2015) apresentaram um conjunto de ações que esperavam que os professores manifestassem ao longo de uma sequência didática desenvolvida com o objetivo de fomentar o desenvolvimento de habilidades argumentativas pelos alunos. As ações apresentadas são: (i) avaliar argumentos; (ii) elaborar uma discussão;

(iii) construir argumentos; (iv) formular explicações e perguntas aos alunos; (v) realizar previsões; e (vi) relacionar informações.

2.3.2.3. *Sintetizando as ideias discutidas para o modelo Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*

A partir das ideias discutidas anteriormente, definimos que os *conhecimentos sobre argumentação* (representados à direita da figura 2) envolvem as contribuições sobre as possíveis formas de compreender a argumentação, isto é, a partir da perspectiva da lógica informal, da dialética e da retórica (Wenzel, 1990), e suas implicações para o ensino de ciências. Por outro lado, os *aspectos pedagógicos dos contextos de ensino envolvendo argumentação* (representados à esquerda da figura 2) foram pensados a partir das contribuições dos programas de formação de professores focados no desenvolvimento dos conhecimentos de argumentação descritos na literatura (Simon *et al.*, 2006; Zembal-Saul, 2009; Mcneill e Knight, 2013).



Figura 2: Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação (adaptada de Ibraim e Justi, 2016).

Ressaltamos que o modelo apresentado em Ibraim (2015) e Ibraim e Justi (2016) apresenta o elemento *habilidades para conduzir situações argumentativas em sala de aula* como um dos componentes envolvidos nos conhecimentos para a ação docente em argumentação. Esse elemento se relaciona à mobilização dos demais conhecimentos pelo professor em situações de ensino envolvendo a prática argumentativa. Entretanto, hoje reconhecemos que as habilidades para conduzir situações argumentativas em sala de aula não representam um elemento de conhecimento do professor, o qual poderia ser aprendido e ensinado explicitamente em um curso de formação inicial ou continuada. No que diz respeito às habilidades, acreditamos que estas são desenvolvidas pelo professor a partir das oportunidades vivenciadas por ele ao ensinar ciências envolvendo argumentação.

Nesse trabalho, damos uma atenção especial ao elemento *ações favoráveis ao ensino por argumentação*, pois para que o professor possa engajar os alunos na prática

argumentativa é preciso que ele saiba como dar suporte ao aprendizado de seus alunos e às suas formas de raciocínio (Christodoulou e Osborne, 2014). Reconhecemos que essas são apenas algumas ações que podem e devem ser desempenhadas pelos professores para favorecer a criação e para sustentar as situações argumentativas. Em outras palavras, acreditamos na possibilidade de existirem outras ações, diferentes das listadas aqui, que contribuam para o desenvolvimento da argumentação em sala de aula. Tal crença é uma das molas propulsoras deste trabalho.

3 QUESTÕES DE PESQUISA

Neste trabalho, nós buscamos investigar:

- elementos dos conhecimentos docentes relacionados à argumentação manifestados por uma professora de Química em diferentes situações de ensino de conteúdos científicos curriculares envolvendo argumentação. Especificamente, visamos discutir as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas por uma professora de Química em diferentes situações de ensino;
- relações entre as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* e estratégias de ensino utilizadas pela professora; e
- se há relações entre *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora nessas situações de ensino e as oportunidades criadas por ela para que os alunos desenvolvam seus conhecimentos processuais e epistêmicos.

Tendo em vista esses objetivos gerais, esse trabalho está pautado em algumas ideias:

- A ciência é uma atividade social e coletiva, e esta envolve um conjunto de práticas usadas para construir, avaliar, validar e legitimar os conhecimentos produzidos em uma área de conhecimento.
- A argumentação é uma prática central na atividade científica devido à necessidade de justificar e avaliar as afirmativas de conhecimento produzidas, de discutir e avaliar as ideias alternativas propostas, de convencer os pares sobre a validade e potencialidade de um conhecimento etc.
- O ensino de ciências visando à formação crítica dos alunos deve criar oportunidades para que eles desenvolvam seus conhecimentos nas dimensões conceitual, processual e epistêmica, a fim de que possam ter condições de compreender a complexidade da atividade científica e do trabalho dos cientistas e, assim, julgar as afirmativas de conhecimento expressas na sociedade.

- No contexto do ensino de ciências, a prática argumentativa pode contribuir para o desenvolvimento dos conhecimentos sobre ciência dos alunos, o que envolve os conhecimentos conceitual, processual e epistêmico. Porém, essa contribuição está estreitamente relacionada aos conhecimentos do professor sobre a prática argumentativa e sobre como conduzir o ensino pautado em argumentação.
- Os conhecimentos docentes referentes à argumentação não podem ser caracterizados e descritos a partir do construto PCK, porque não se tratam de conhecimentos de conteúdo científico curricular. Em contrapartida, esses conhecimentos do professor podem ser caracterizados a partir do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*.

Os objetivos desse trabalho e as ideias que o sustenta, deram origem às seguintes questões de pesquisa:

1. Quais *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* podem ser observadas na prática de uma professora de Química no processo de ensino de conteúdos científicos curriculares desta disciplina?
2. Há relação entre as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora e a(s) estratégia(s) de ensino adotada(s) por ela? Em caso afirmativo, como elas se relacionam?
3. Quais *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora ao longo do processo de ensino de conteúdos científicos curriculares de Química podem contribuir para o desenvolvimento de conhecimentos *processuais* e *epistêmicos* dos alunos? Por quê?

Consideramos que as questões 1 e 2 ajudam a iluminar as discussões sobre o papel dos professores no contexto de ensino envolvendo a prática argumentativa e os conhecimentos relativos à argumentação manifestados por eles ao trabalharem com argumentação em sala de aula e ao engajar os alunos na reflexão sobre a mesma. Por outro lado, a questão 3 visa contribuir para a área a partir da investigação sobre as relações entre os conhecimentos de professores relativos à argumentação e o ensino sobre ciências, especificamente, o desenvolvimento dos conhecimentos processuais e epistêmicos dos

alunos. Portanto, discutindo estas questões, esperamos contribuir para a literatura da área e para programas de formação de professores, ao trazer indícios de quais conhecimentos relacionados à argumentação favorecem o ensino envolvendo a prática científica de argumentar ou, ainda, apontando quais outros conhecimentos relativos à argumentação seriam necessários ao professor para que ele pudesse envolver os alunos na reflexão sobre a mesma.

4 ASPECTOS METODOLÓGICOS

O objetivo geral desse estudo é caracterizar as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas por uma professora de Química em situações de ensino de conteúdos científicos curriculares. Por isso, adotamos os princípios relativos às pesquisas qualitativas (como caracterizados em Merriam, 2009; Cohen *et al.*, 2011; Creswell, 2013). Em linhas gerais, assumimos como princípios norteadores da nossa investigação: (i) enfatizar o processo investigado e não apenas os resultados; (ii) considerar o pesquisador como o principal instrumento de coleta de dados, reconhecendo o valor da subjetividade envolvida na investigação; (iii) realizar uma análise indutiva; e (iv) gerar uma descrição detalhada da situação investigada.

Consideramos que atendemos os princípios da pesquisa do tipo qualitativa porque:

- ao investigar as ações relativas à argumentação manifestadas pela professora, buscamos, além de identificá-las e caracterizá-las – o que representa um resultado da pesquisa –, compreender o momento em que as mesmas foram manifestadas, estabelecer relações entre as ações observadas e as estratégias de ensino utilizadas, bem como entre a frequência das ações e o uso de tais estratégias de ensino e, também, discutir o potencial dessas ações para o desenvolvimento dos conhecimentos processuais e epistêmicos dos alunos. Portanto, demos especial atenção ao processo vivenciado pela professora e pelos alunos, destacando as manifestações das ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação;
- durante o processo de coleta de dados, acompanhamos todas as aulas ministradas pela professora e realizamos entrevistas com a mesma a fim de coletar outras informações sobre seus conhecimentos e sua prática docente. Assim, embora tenhamos utilizado registros em vídeo nas aulas e nas entrevistas, nos tornamos o principal instrumento de coleta de dados porque, a partir das nossas observações

sobre os eventos¹⁷, foi possível perceber momentos importantes para a pesquisa. Por exemplo, a observação sobre a interação da professora com os alunos fundamentou a construção das entrevistas, de forma que retomávamos o evento observado na situação real de ensino e discutíamos as intenções da professora nesse momento. Além disso, nossa presença na sala de aula nos permitiu identificar elementos não verbais que fizeram parte do processo de ensino investigado e, também, outros elementos que não estavam no enquadramento da câmera. Por exemplo, em alguns momentos, ao receber a resposta dos alunos, a forma como a professora balançou a cabeça ou reagiu à fala dos mesmos representou uma avaliação e fez com que a discussão tomasse outro rumo;

- ao longo de toda a pesquisa, buscamos compreender as situações de ensino investigadas à luz dos dados coletados e, também, construímos o instrumento de análise dos dados a partir do conjunto de dados coletados e da literatura da área. Portanto, os referenciais teóricos guiaram a pesquisa e ajudaram a selecionar os aspectos importantes, mas eles não foram utilizados na perspectiva de serem testados dedutivamente (Merriam, 2009); e
- os resultados apresentados contemplam uma descrição rica do objeto investigado. Nesse sentido, construímos um estudo de caso envolvendo 10 aulas ministradas pela professora e registradas em vídeo pela pesquisadora e, ao apresentar os resultados, trazemos um exemplo para cada um dos tipos de ações manifestadas e uma descrição detalhada do momento da aula em que ele foi observado. Destacamos que estamos chamando de situação de ensino as situações nas quais a professora discutiu com os alunos aspectos de conteúdos relacionados aos tópicos cinética química, termoquímica e equilíbrio químico.

Nas próximas seções, apresentamos, em detalhes, os aspectos referentes ao contexto de coleta de dados, o que inclui: (i) uma breve descrição das aulas acompanhadas pela pesquisadora; e (ii) aspectos relativos ao processo de análise dos dados, enfatizando a

¹⁷ Os eventos foram definidos de forma a retratar o momento no qual uma ação favorável ao ensino envolvendo argumentação foi manifestada pela professora. Assim, um evento diz respeito a uma sentença enunciada pela professora, ou uma parte dessa sentença, ou um pequeno diálogo entre a professora e algum(uns) aluno(s).

construção do instrumento de análise, a qual foi baseada tanto em trabalhos da área quanto nos dados coletados nessa pesquisa.

Ressaltamos que a coleta de dados ocorreu após a aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (CAAE: 47199815.1.0000.5149) e que a direção da escola, a professora, os alunos (e, quando necessário, os responsáveis pelos alunos menores de 18 anos) foram informados sobre os objetivos da mesma por meio de documentos (Apêndices 1, 2, 3 e 4, respectivamente) que lhes foram encaminhados e que foram devolvidos devidamente assinados.

4.1 CONTEXTO DE COLETA DE DADOS

4.1.1 Seleção da Amostra

Optamos por trabalhar com um professor experiente e que utilizasse uma abordagem dialógica, de tal forma que envolvesse os alunos no processo de construção do conhecimento, que valorizasse a participação dos mesmos no processo de aprendizagem, e que tivesse algum tipo de experiência em trabalhar na perspectiva investigativa (por meio de experimentação, modelagem etc.). Em outras palavras, consideramos que o trabalho do professor na perspectiva dialógica é uma condição *sine qua non* para que se possa criar um ambiente argumentativo em sala de aula. Isto porque, para que a argumentação possa ocorrer nas salas de aula de ciências, é preciso que haja espaço para que diferentes ideias sejam manifestadas e, conseqüentemente, sejam avaliadas e discutidas à luz de evidências e dos conhecimentos prévios dos sujeitos envolvidos. Isto não seria possível em uma sala 'tradicional' – na qual a fala do professor é dominante, os alunos têm poucas oportunidades de expressar suas ideias e dúvidas, assim como de questionar o tópico que está sendo ensinado, e o conhecimento científico é tratado como algo absoluto e verdadeiro -, uma vez que não há espaço para o desenvolvimento da argumentação (Williams, 2011; Henderson *et al.*, 2018).

Com base nesse perfil, convidamos uma professora do segundo ano do ensino médio de uma Escola Técnica Federal da região metropolitana de Belo Horizonte. A professora convidada, e sujeito desta pesquisa, é licenciada em Química, mestre e doutora em Educação

pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente, ela é professora de uma Universidade Federal no estado de Minas Gerais e, na ocasião da pesquisa, ela atuava tanto no Ensino Médio quanto no Superior, ministrando aulas para o curso de Licenciatura em Química¹⁸. Além disso, a professora tinha em torno de doze anos de experiência no ensino básico, e experiência em trabalhar com atividades investigativas no ensino de ciências.

4.1.2 Caracterização do Campo de Pesquisa

A opção por trabalhar em uma Escola Técnica Federal decorreu da disponibilidade da professora em participar da pesquisa e do consentimento da escola em receber a pesquisadora. Nessa escola, além do ensino médio, são ofertados os cursos técnicos de: Agropecuária, Alimentos, Eletrônica, Eletrotécnica, Hospedagem e Informática. Os alunos cursam concomitantemente o ensino médio e o ensino técnico nos turnos da manhã e da tarde, respectivamente. Dessa forma, nas turmas do ensino médio, havia alunos de diferentes modalidades de cursos técnicos.

A pesquisa foi realizada em uma turma de 2º ano do Ensino Médio constituída por 35 alunos, com idades em torno de 16-17 anos, pois a professora atuava apenas em turmas desta série escolar. O ano de 2015, quando os dados foram coletados, foi o primeiro ano que os alunos tiveram aula com a professora. Apesar disso, na época da coleta de dados, segundo semestre de 2015, os alunos se mostraram acostumados a participar ativamente das aulas, a manifestar suas opiniões, e a interagir com a professora.

4.1.3 Panorama da Coleta de Dados

A coleta de dados ocorreu entre os meses de julho e dezembro, o que correspondeu aos dois últimos bimestres escolares, e envolveu as etapas de entrevistas, discussões com a professora sobre os aspectos relativos à argumentação e observação das aulas ministradas pela mesma no período mencionado. Com o intuito de fornecer ao leitor um panorama dessa coleta, apresentamos, no quadro 1, uma descrição geral das seis etapas nas quais os dados foram coletados. Na sequência, detalhamos cada uma dessas etapas,

¹⁸ Isso acontecia porque a Escola Técnica pertence à instituição federal e, na época da pesquisa, havia um intercâmbio de professores.

apresentando, inclusive, uma breve descrição das aulas relacionadas a cada uma delas. Julgamos que isto é importante no sentido de fornecer ao leitor uma visão geral do contexto no qual os dados foram coletados.

Etapa	Instrumentos da coleta de dados	Objetivos gerais	Período/ Aulas
1	Entrevista semiestruturada e registro em vídeo da mesma.	<ul style="list-style-type: none"> - Sondar os conhecimentos da professora sobre Ensino de Química, as suas práticas de ensino, seus objetivos ao ensinar Química. - Sondar alguns aspectos gerais relacionados ao seu PCK. - Buscar indícios sobre o planejamento da professora para o fechamento do conteúdo de cinética química. - Investigar os conhecimentos da professora relativos à argumentação. 	Final do mês de julho
2	Registro em vídeo das aulas referentes ao processo de ensino-aprendizagem do conteúdo cinética química e da introdução de termoquímica.	<ul style="list-style-type: none"> - Observar a prática da professora em situações reais de ensino. - Investigar a ocorrência de situações argumentativas nesse contexto e quais ações da professora poderiam ser relacionadas à argumentação. 	Agosto/ Aulas 1, 2 e 3
3	Registro em vídeo da discussão com a professora sobre aspectos relativos à argumentação e ao ensino nesta perspectiva.	<ul style="list-style-type: none"> - Discutir com a professora sobre os elementos básicos de um argumento, as contribuições da prática argumentativa para o desenvolvimento dos alunos e o uso de questões sociocientíficas no ensino de ciência. - Proporcionar um momento de reflexão para a professora, no intuito de estabelecer relações entre a sua prática docente e a perspectiva de ensino envolvendo argumentação, e discutir as dúvidas da mesma sobre essa perspectiva de ensino. 	Final do mês de agosto

Quadro 1: Síntese das etapas da coleta de dados. (continua)

Etapa	Instrumentos da coleta de dados	Objetivos gerais	Período
4	Registro em vídeo das aulas referentes ao processo de ensino do conteúdo termoquímica.	<ul style="list-style-type: none"> - Observar a prática da professora em situações reais de ensino. - Sondar algum tipo de influência da discussão sobre argumentação na prática da professora, ou se ela passou a dar maior atenção ou a favorecer a argumentação em sala de aula de forma diferente do que havia sido observado antes. 	Setembro e outubro/ Aulas 4, 5 e 6
5	Registro em vídeo das aulas referentes ao processo de ensino do conteúdo equilíbrio químico, conduzido a partir de atividade de modelagem.	<ul style="list-style-type: none"> - Observar a prática da professora em situações reais de ensino. - Investigar a ocorrência de situações argumentativas nesse contexto e quais ações da professora poderiam ser relacionadas à argumentação. 	Outubro e novembro/ Aulas 7, 8, 9 e 10
6	Entrevista semiestruturada e registro em vídeo da mesma.	- Sondar os conhecimentos da professora sobre a perspectiva de ensino envolvendo argumentação e seus conhecimentos docentes que poderiam estar relacionados à argumentação.	Início de dezembro

Quadro 1: Síntese das etapas da coleta de dados. (continuação)

4.1.3.1 Etapa 1: Entrevista inicial com a professora

Antes de acompanhar as aulas a serem ministradas pela professora, julgamos que seria importante sondar os conhecimentos da mesma sobre o ensino de ciências, sua postura em sala de aula, seus objetivos ao ensinar Química e, também, investigar alguns outros aspectos de seu PCK. Por isso, o primeiro passo da coleta de dados consistiu em uma entrevista que buscava investigar tais aspectos. Em especial, um dos objetivos da entrevista era buscar indícios sobre o planejamento da professora para o fechamento da discussão sobre o conteúdo de cinética química, o que ocorreria no início de agosto. Além disso, buscamos sondar seus conhecimentos em relação à argumentação. Essa entrevista foi realizada ao final do mês de julho, pois as aulas a serem acompanhadas se iniciariam na primeira semana de agosto.

Tendo em vista os nossos objetivos, confeccionamos um protocolo de entrevista dividido em duas partes (Apêndice 5), correspondentes, respectivamente, aos conhecimentos docentes aplicados a um conteúdo e aos aspectos de argumentação envolvidos em uma situação de ensino.

A primeira parte do protocolo, referente aos conhecimentos docentes, foi baseada na ideia de representação de conteúdo (CoRe¹⁹) proposta por Loughran e colaboradores (2006) e é composta por 11 questões. O CoRe é um instrumento baseado no entendimento de que os conteúdos de ciências podem ser compreendidos a partir das grandes ideias das ciências. A partir da delimitação das grandes ideias envolvidas nos conteúdos, é possível, por meio de questões apresentadas ao professor, investigar aspectos relacionados ao PCK do docente sobre um conteúdo específico. A partir das respostas da professora, poderíamos ter indícios sobre as orientações de ensino da mesma. Por exemplo, sua justificativa sobre o que ela considera mais importante ensinar sobre o conteúdo de cinética química poderia indicar se ela valorizava mais o ensino dos aspectos qualitativos ou quantitativos de um conteúdo, ou se ela selecionava os tópicos a serem ensinados a partir de algum documento norteador, como o Currículo Básico Comum do estado de Minas Gerais.

¹⁹ Em inglês, *Content Representation*. Optamos por adotar a sigla correspondente ao termo em inglês devido a sua ampla utilização na literatura mundial.

A segunda parte dessa entrevista foi destinada a investigar os conhecimentos da professora sobre argumentação ou as suas interpretações para situações dialógicas que favorecem a argumentação (Apêndice 5). Assim, apresentamos três episódios de ensino ocorridos em uma escola regular de ensino médio. Esses episódios foram retirados do trabalho de Scott, Mortimer e Aguiar (2006) e se referem a uma sequência de ensino construída com o objetivo de introduzir conceitos como: calor, temperatura e equilíbrio térmico²⁰.

A partir desses casos, foram feitas questões que buscavam investigar, por exemplo, se a professora considerava importante envolver os alunos no processo de ensino-aprendizagem e trabalhar com suas ideias, e se ela começava o ensino a partir das ideias dos alunos. Isso poderia validar nossa interpretação de suas respostas na primeira parte da entrevista, pois teríamos a oportunidade de investigar seus conhecimentos por meio da análise de uma situação de ensino. Além disso, em relação à argumentação, a partir da situação apresentada, consideramos que seria possível investigar se a professora considerava importante envolver os alunos em discussões sobre os diferentes pontos de vista, se ela fazia isso em suas salas de aulas, e se considerava importante que os alunos sustentassem suas opiniões. Além disso, as respostas da professora poderiam ajudar a ter mais indícios de se a mesma adotava uma prática dialógica em suas aulas.

4.1.3.2 Etapa 2: Observação das aulas de fechamento do conteúdo de cinética química e de introdução do conteúdo de termoquímica

Durante todo o mês de agosto, acompanhamos e realizamos registro em vídeo das aulas da professora referentes ao fechamento do conteúdo de cinética química e à introdução do conteúdo de termoquímica. Nosso primeiro objetivo ao acompanhar essas aulas era observar sua prática docente em situações regulares de ensino. Os dados coletados nesse momento poderiam ser contrapostos aos dados coletados na etapa 1, a fim de validar as respostas dadas pela professora na situação de entrevista. Por exemplo, durante a entrevista a professora poderia ter declarado que envolvia os alunos nas discussões sobre o conteúdo e que considerava isso importante, mas, na situação regular de ensino, isso poderia não ser observado. Outro objetivo era sondar a ocorrência de situações argumentativas nesse

²⁰ Para mais detalhes sobre a sequência de ensino consultar Scott, Mortimer e Aguiar, 2006.

contexto de ensino e quais ações da professora poderiam estar relacionadas à argumentação. Em outras palavras, a nossa intenção era buscar investigar se, e como, a professora envolvia os alunos na prática argumentativa, se, e como, ela favorecia a ocorrência de situações desse tipo naquele momento.

A seguir, apresentamos uma descrição sucinta de cada uma das aulas visando, como afirmado anteriormente, contextualizar esta etapa.

Aula 1

Anteriormente a esta aula, Fernanda²¹ pediu que os alunos respondessem em casa as seguintes questões: i) Por que ao soprar uma vela ela se apaga e ao soprar o carvão ele acende?; (ii) Por que está proibida a venda de álcool concentrado no supermercado?; (iii) Se na panela de pressão os alimentos cozinham mais rápido, por que não cozinhamos todos os alimentos usando panela de pressão?. Nessa aula, ela propôs que as respostas apresentadas fossem discutidas.

Para iniciar a discussão, a Fernanda listou no quadro as principais ideias apresentadas pelos alunos referente à primeira questão:

- a diferença entre o carvão e a vela acontece porque o carvão e o barbante (pavio) são feitos de materiais diferentes, e o barbante tem uma superfície de contato menor;
- ao soprar o carvão na churrasqueira o fogo vai se espalhar porque há uma grande superfície de contato. No entanto, ao assoprar a vela, esta irá se apagar porque a superfície de contato será muito menor, o que facilita a extinção do fogo. Para ocorrer a queima, é necessário oxigênio, ao abanarmos a churrasqueira facilitamos a expansão do fogo;
- ao ventilar o carvão, o oxigênio age como catalisador, ajudando a chama a se espalhar por toda a superfície de contato, fazendo com que a chama se avive. Ao

²¹ Com o intuito de preservar a identidade dos sujeitos, todos os nomes apresentados neste trabalho são fictícios.

ventilar a vela, a chama não tem para onde se espalhar, fazendo com que a vela se apague.

Durante toda a aula, Fernanda buscou motivar os alunos a apresentar suas ideias a respeito da questão problema e discutir as causas apresentadas. Ao longo da discussão, surgiu uma nova questão relacionada à vela. Além da situação problema apresentada pela professora (o carvão e a vela se comportam de forma diferente quando são assoprados), os alunos passaram a questionar o papel da parafina na constituição da vela, especificamente, eles passaram a discutir se a parafina tinha a função de combustível, isto é, se alimentava a chama da vela, ou se ela tinha apenas uma função estrutural, de manter o pavio em pé. Frente a esta nova questão, Fernanda solicitou aos alunos que eles realizassem uma investigação em casa (queimar velas de espessuras diferentes e observar o fenômeno), e pesquisassem sobre a constituição de uma vela.

Aula 2

Na aula 2, a professora e os alunos deram continuidade à discussão sobre o processo de queima da vela e do carvão. Especificamente, o foco dessa aula foi discutir o papel da parafina na constituição da vela, isto é, se ela era ou não um combustível para a reação. A discussão ocorrida nessa aula foi baseada nas observações experimentais e pesquisas realizadas pelos alunos em casa. Além disso, ao longo da aula, a professora retomou algumas ideias que haviam sido levantadas na aula anterior como, por exemplo, a de que a parafina ‘desaparece’ durante a queima da vela, o óleo é inflamável etc. Ao final da aula, Fernanda pediu aos alunos que eles fizessem uma pesquisa sobre o significado, a função e a aplicação de catalisadores em reações químicas.

Aula 3

Na terceira aula, Fernanda discutiu as ideias apresentadas pelos alunos sobre catalisadores a partir da pesquisa realizada por eles. A professora ainda discutiu com os alunos sobre energia de ativação nas reações químicas, construiu com eles um gráfico representando a energia envolvida no processo de combustão do carvão, e relacionou a questão energética à nomenclatura de reações exotérmicas e endotérmicas.

4.1.3.3 Etapa 3: Discussão com a professora sobre argumentação

Após esses primeiros momentos de coleta de dados, tivemos mais informações sobre a forma de trabalho da professora em sala de aula, seus conhecimentos relativos ao ensino de ciências e de química e seus conhecimentos a respeito da prática argumentativa. Consideramos que seria importante, em algum momento, discutir sobre argumentação para que Fernanda pudesse refletir sobre a sua prática frente ao ensino envolvendo argumentação (por exemplo, em relação a quais ações ela já realizava em sala de aula que poderiam contribuir para a criação de ambientes argumentativos). Além disso, julgamos que seria importante sondar seu entendimento sobre alguns conceitos relacionados à argumentação como, por exemplo, evidência e justificativa.

Diante disso, propusemos à professora que acontecesse um momento de discussões sobre alguns aspectos relativos à argumentação antes de ela dar sequência ao processo de ensino do conteúdo de termoquímica. A opção por propor essa discussão nesse momento estava relacionada a dois fatores. Primeiro, era fundamental que tivéssemos algum tipo de conhecimento sobre a prática regular da professora, pois, antes das aulas de 1 a 3, o que conhecíamos era apenas o que havia sido relatado por ela no momento de entrevista inicial. Ter acesso à prática da professora a partir das aulas observadas na etapa 2, mesmo que de forma limitada, foi importante porque, devido ao tempo disponível para a realização da coleta de dados e pelo fato de a amostra ser composta por apenas um sujeito, não teríamos condições de realizar um programa de formação em argumentação, tais como os relatados na literatura (por exemplo, Simon *et al.*, 2006; McNeill e Knight, 2013). Então, nossa intenção foi promover discussões com a professora de forma que ela refletisse sobre a sua prática e a perspectiva de ensino envolvendo argumentação.

O segundo fator está atrelado à nossa experiência anterior em investigar as contribuições de um programa de formação explícito em argumentação para o desenvolvimento dos *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* (Ibraim, 2015; Ibraim e Justi, 2017). A partir desse estudo, e com base em resultados de outras pesquisas descritas na literatura, consideramos que para que o professor possa desenvolver esses conhecimentos é necessário que ele tenha oportunidades de mobilizá-los em situações de ensino e refletir sobre as mesmas. Portanto, realizar a discussão sobre argumentação naquele

momento, significava que a professora teria oportunidades de mobilizar esses conhecimentos em situações regulares de ensino, visto que, segundo seu planejamento, na sequência, ela iria abordar os conteúdos relacionados aos tópicos termoquímica e equilíbrio químico.

Visando subsidiar a discussão, optamos por fornecer à professora três textos que envolviam discussões relativas aos elementos básicos de um argumento, às contribuições do uso de argumentação no ensino de ciências e sobre o uso de questões sociocientíficas no ensino de ciências. Optamos por utilizar três capítulos do livro *10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas* (Jiménez-Aleixandre, 2010), para nortear a nossa discussão. Os capítulos selecionados foram: *Argumentar consiste en evaluar los enunciados en base a pruebas* (Texto 1); *Los argumentos comprenden conclusiones, pruebas y justificaciones* (Texto 2); e *La argumentación socio científica contribuye al pensamiento crítico* (Texto 3). O texto 1 favorece a ocorrência de discussões a respeito de: (i) os conhecimentos científicos serem construídos com base em evidências; (ii) as evidências não ‘falarem’ por si mesmas; e (iii) haver influência do contexto social na análise das evidências. Ademais, o texto proporciona a introdução ou noção geral sobre o conceito de evidências e a sua relação com as situações argumentativas (argumentar e refutar). O texto 2 é focado nos elementos básicos de um argumento e fundamentou discussões sobre: (i) o conceito de afirmativa ou conclusão; (ii) a diferença entre dados e evidências; (iii) os diferentes tipos de dados; e (iv) o conceito de justificativa e a sua importância no ensino de ciências. Por último o texto 3, envolve discussões sobre a argumentação no contexto sociocientífico, o que contribuiu para as discussões sobre esta estratégia de ensino e materiais nesse contexto. Especificamente, a partir do texto 3, discutimos com a professora sobre: (i) a diferença entre questões científicas, sociocientíficas e sociais; (ii) as contribuições das questões sociocientíficas para a formação do aluno; (iii) a interdisciplinaridade em questões sociocientíficas; e (iv) as contribuições dessas questões para a formação do aluno.

Assim, a partir da leitura dos mesmos, a professora pôde ter mais elementos para discutir sobre a perspectiva de ensino envolvendo argumentação, expressando suas dúvidas e impressões, e tecendo considerações a respeito do seu conhecimento sobre o ensino envolvendo argumentação.

Devido ao tempo disponível, trabalhamos em uma perspectiva que buscava discutir os aspectos de argumentação a partir da prática da professora, isto é, baseado em algumas de suas ações que potencialmente poderiam contribuir para o desenvolvimento da prática argumentativa na sala de aula. Por exemplo, a professora sempre solicitava que os alunos manifestassem suas ideias ao longo das discussões. Porém, nos momentos em que essas ideias eram divergentes, poucas vezes Fernanda engajava os alunos na discussão das diferentes posições, ou na refutação da ideia do colega etc.

4.1.3.4 Etapa 4: Observação das aulas sobre o conteúdo de termoquímica

O quarto momento da coleta de dados correspondeu à observação e filmagem das aulas da professora sobre aspectos de conteúdo associados ao tópico termoquímica, as quais ocorreram no mês de setembro e outubro. O objetivo de acompanhar essas aulas era similar ao objetivo das observações em sala de aula realizadas anteriormente: ter acesso aos conhecimentos docentes mobilizados pela professora em situações regulares de ensino. Porém, nesse caso, a professora havia discutido com a pesquisadora sobre aspectos e elementos relativos à argumentação e ao ensino nessa perspectiva. Por isso, outro objetivo era sondar algum tipo de influência dessa discussão na prática da professora, ou ainda, investigar se a mesma dava maior atenção ou favorecia a argumentação em sala de aula de forma diferente da que fazia antes.

Aula 4

A professora iniciou a quarta aula informando aos alunos que eles iriam fazer dois experimentos, envolvendo as reações entre tiocianato de amônio (NH_4SCN) e hidróxido de bário ($\text{Ba}(\text{OH})_2$) e entre hidróxido de sódio (NaOH) e alumínio (Al). Eles deveriam observar o que estava acontecendo ao longo da realização dos mesmos, anotar e discutir as evidências (palavra utilizada pela professora), além de responder algumas questões que deveriam ser entregues ao final da aula. Ela também destacou que, em uma das questões, os alunos deveriam utilizar modelos para representar o que estava acontecendo no sistema, e que não era preciso que eles se preocupassem se a proposição estava certa ou errada, pois o objetivo era que eles representassem suas ideias com base nas evidências. A fim de ajudar os alunos no processo de representação das substâncias envolvidas em um dos experimentos, Fernanda

escreveu no quadro as fórmulas do tiocianato de amônio (NH_4SCN) e do hidróxido de bário ($\text{Ba}(\text{OH})_2$).

Ao longo dessa aula, os alunos discutiram nos grupos²² as observações experimentais feitas por eles (por exemplo, liberação de gás, abaixamento da temperatura etc.) e suas interpretações para o fenômeno investigado. Fernanda se dirigiu a cada um dos grupos questionando-os sobre suas observações e interpretações. Nesses momentos, ela não avaliou as ideias dos alunos; apenas ouviu e levantou questionamentos no sentido de conduzi-los a refletir sobre suas respostas.

Aula 5

Nessa aula, a professora disponibilizou os 10 primeiros minutos para que os alunos pudessem se reunir nos grupos nos quais haviam trabalhado na última aula, discutir suas respostas às questões da atividade, retomar as observações realizadas a partir dos experimentos e finalizar a atividade escrita. Após esse momento, Fernanda realizou os experimentos feitos pelos alunos na aula anterior de forma demonstrativa, mas pediu que uma aluna observasse mais de perto o que ela estava fazendo e relatasse aos colegas as suas observações. Na sequência, ela propôs que todos discutissem as observações experimentais e solicitou que os alunos apresentassem suas observações e dissessem como eles haviam interpretado o que estava acontecendo nos experimentos.

Aula 6

A professora iniciou a aula 6 convidando os alunos a retomar a discussão da aula anterior, que versava, basicamente, sobre para 'onde' vai a energia que o sistema absorve no experimento envolvendo as substâncias tiocianato de amônio (NH_4SCN) e hidróxido de bário ($\text{Ba}(\text{OH})_2$). Ela relembrou o experimento realizado e as observações que os alunos tinham feito. A partir dessa retomada de ideias, Fernanda e os alunos deram início a outra discussão sobre a energia envolvida nos processos de reação química, e a professora solicitou que eles

²² Com o intuito de facilitar a identificação dos integrantes dos grupos, utilizamos o código G seguido da primeira letra do nome fictício dos membros do grupo (B, D, G, J, M, P, M e V). Por exemplo, o grupo GM é composto pelos alunos que foram identificados por nome fictícios iniciados em M (Marcela, Maria, Mário e Monique).

construísem juntos, no quadro, um gráfico que representasse a variação de energia no sistema.

Durante o processo de construção do gráfico, a professora e os alunos discutiram, a partir dos questionamentos realizados por ela, sobre a variação de energia envolvida no processo de reação química²³. A partir dessas discussões, eles construíram um gráfico qualitativo para reações químicas do tipo endotérmicas e, ao final, os alunos concluíram que, para determinar se uma reação é endotérmica ou exotérmica, é preciso considerar a variação de energia envolvida e, ainda, que a reação estudada por eles (envolvendo NH_4SN e $\text{Ba}(\text{OH})_2$) era uma reação endotérmica, na qual a energia dos produtos é maior do que a energia dos reagentes.

4.1.3.5 *Etapa 5: Observação das aulas sobre o conteúdo de equilíbrio químico*

O quinto momento da coleta de dados se refere às filmagens ocorridas ao longo da sequência de ensino referente ao conteúdo de equilíbrio químico, a qual ocorreu no final do mês de outubro e ao longo do mês de novembro. O objetivo de acompanhar essas aulas era similar ao objetivo das observações das aulas realizadas anteriormente: ter acesso aos conhecimentos docentes mobilizados pela professora em situações regulares de ensino. Entretanto, a professora optou por abordar esse conteúdo a partir de atividades de modelagem e, por isso, consideramos que poderia ser interessante acompanhar essas aulas, pois poderíamos investigar os conhecimentos docentes mobilizados em uma situação de ensino diferente das anteriores. Além disso, a utilização de atividades de modelagem têm sido apontadas na literatura como uma estratégia de ensino potencialmente favorável ao desenvolvimento da argumentação em sala de aula (por exemplo, Mendonça e Justi, 2013b; Gilbert e Justi, 2016).

Aula 7

²³ Inicialmente, a energia é absorvida e utilizada para romper as ligações presentes nas substâncias (reagentes na reação); em seguida, há formação de novas ligações entre os átomos, resultando na formação de novas substâncias (produtos na reação), etapa que ocorre com liberação de energia. Como a energia liberada na segunda etapa é menor do que a absorvida na primeira, o processo absorve energia.

Nessa aula, a professora e os alunos trabalharam com uma atividade experimental envolvendo o aquecimento da substância nitrato de chumbo ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) em um tubo vedado. Em decorrência do aquecimento do $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, há a formação de um gás, dióxido de nitrogênio (NO_2) e, conseqüentemente, de seu dímero, tetróxido de dinitrogênio (N_2O_4).

Durante a apresentação da atividade experimental, a professora questionou os alunos sobre o estado físico da substância formada, sobre sua possível composição tendo em vista a substância de partida etc. Além disso, ela apresentou aos alunos dois tubos contendo NO_2 , mas que apresentavam colorações diferentes²⁴ e que haviam sido submetidos a resfriamento e aquecimento. A partir disso, ela solicitou que os alunos levantassem hipótese sobre o que havia acontecido e sobre o que iria acontecer caso ela aquecesse o tubo que havia sido resfriado e vice-versa.

Após um momento de discussão com toda a turma, Fernanda entregou aos alunos a atividade, informou que eles deveriam pensar no que estava acontecendo no sistema quando este era resfriado e que deveriam construir um modelo que explicasse, em nível submicroscópico, o que estava acontecendo dentro do frasco. Antes que os alunos começassem a atividade, ela relembrou alguns exemplos de entidades no nível submicroscópico e disponibilizou vários materiais para que eles construíssem seus modelos (bolas de isopor, lápis de cor, massa de modelar etc.).

Aula 8

A professora iniciou a aula recapitulando o experimento que havia sido feito na aula anterior e as principais observações como, por exemplo, o fato de a coloração da substância dentro do tubo ter ficado mais escura quando este foi aquecido. Fernanda ainda questionou os alunos sobre como eles haviam interpretado as observações realizadas.

Após essa discussão inicial, a professora solicitou que os alunos dessem prosseguimento à atividade, elaborando os modelos para explicar o que acontecia com o sistema ao ser aquecido, e ressaltou que eles poderiam até utilizar o modelo construído anteriormente, se assim desejassem, mas que seria necessário explicar a diferença entre o

²⁴ O NO_2 é um gás de cor castanha e o N_2O_4 é um gás incolor.

experimento 1, resfriamento do sistema, e o experimento 2, aquecimento do sistema. Além disso, ela informou que eles poderiam fazer também a questão 3 da atividade, na qual deveriam explicar a coloração intermediária do sistema quando em temperatura ambiente.

Após o momento de discussão nos grupos, Fernanda solicitou que os alunos apresentassem seus modelos e, caso os grupos tivessem proposto modelos similares, os alunos deveriam informar o que eles acrescentariam ao modelo do colega. Ela também ressaltou que, durante a apresentação, os alunos deveriam falar sobre as diferenças nos modelos propostos, e avisou que iria solicitar que eles criticassem os modelos dos colegas, mas que isso não significava que o trabalho estava ruim ou implicava em penalidade na avaliação, pois o objetivo era apenas contribuir para reformular aspectos necessários dos modelos.

Aula 9

A professora iniciou a aula lembrando o sistema com o qual os alunos haviam trabalhado na aula anterior, constituído por NO_2 e N_2O_4 . Nessa retomada, ela questionou sobre a coloração dos gases e do sistema quando este estava aquecido e resfriado. Além disso, Fernanda retomou a questão da existência de N_2O_4 no sistema em temperatura ambiente – *“por que na temperatura intermediária, ambiente, havia N_2O_4 , isto é, de onde tinha vindo o N_2O_4 presente no tudo na temperatura ambiente?”* –, o que resultou em uma discussão entre os alunos.

Frente à discussão sobre a existência de N_2O_4 no sistema na temperatura ambiente, a professora retomou as observações feitas para os sistemas resfriado e aquecido, e as conclusões obtidas a partir dessas observações. Com base nisso, ela questionou os alunos se da mesma forma que o NO_2 colidia e formava o N_2O_4 , era possível que o N_2O_4 formasse NO_2 . Nesse momento, Daniel disse que havia reação, e Vanessa disse que não havia uma vez que a cor não variava. Diante das posições desses alunos, a professora instigou os demais a dizer o que eles achavam que estava acontecendo. Daniele disse que ao mesmo tempo em que as ligações eram rompidas no N_2O_4 , ocorria formação de ligação entre moléculas de NO_2 . Frente a essa nova ideia, a professora questionou os demais alunos se isso fazia sentido, se eles concordavam com essa ideia. Nesse momento, os alunos começaram a discutir entre eles

e a professora solicitou que Jonas explicasse sua conclusão. Jonas disse que na mesma velocidade em que o NO_2 formava N_2O_4 , o N_2O_4 formava NO_2 . Então, a Fernanda pediu que ele explicasse isso usando os modelos 3D construídos. Após a explicação do aluno, ela ressaltou que essa era uma ideia para explicar o fato de a coloração do sistema permanecer a mesma ou ser uma coloração intermediária quando o sistema está na temperatura ambiente, e destacou que eles iriam analisar outro sistema e observar se essa explicação poderia ser aplicada ou se seria preciso criar um modelo diferente.

Na sequência, Fernanda deu início à atividade experimental apresentando uma das substâncias com as quais eles iriam trabalhar: cromato de potássio (K_2CrO_4), substância de coloração amarela. Ela disse que, na solução, o íon cromato iria reagir com ácido clorídrico e, em seguida, escreveu no quadro os produtos formados a partir da reação: o íon dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), que dá cor laranja à solução em que se encontra, e a água (H_2O).

Após os alunos realizarem a primeira parte do experimento – adicionar ácido à solução de cromato de potássio – Fernanda questionou se havia quantidade suficiente de ácido para reagir com todo o cromato de potássio. Os alunos disseram que sim, mas a professora sugeriu que eles adicionassem um pouco mais, para que tivessem certeza de que havia ácido em excesso. Depois, ela perguntou se eles achavam que havia sobrado íon cromato no frasco após a adição do ácido. Os alunos responderam que não, e Fernanda sugeriu que eles fizessem um teste com nitrato de chumbo, informando que o nitrato de chumbo reagia apenas com o íon cromato. Depois de os alunos terem realizado o teste, a professora perguntou a qual conclusão eles haviam chegado. Os alunos responderam que ainda havia íon cromato e ela perguntou de onde vinha esse íon cromato. Essa discussão foi interrompida com o fim da aula e a professora solicitou que os alunos pensassem sobre isso em casa.

Aula 10

Fernanda iniciou a aula informando aos alunos que eles iriam discutir os modelos que foram propostos para o experimento realizado na aula anterior e que, para isso, seria interessante que eles manifestassem suas ideias, assim como prestassem atenção nas ideias

dos colegas para que conseguissem identificar as semelhanças e as diferenças. Depois, ela disse aos alunos que gostaria que eles criticassem os modelos apresentados pelos colegas.

Após a exposição dos modelos e discussão, Vitória perguntou qual era a ideia certa envolvida na atividade. Fernanda mencionou que a ideia “certa” era a ideia que eles haviam desenvolvido ao longo do processo. Além disso, ela destacou que iria fechar a discussão, mas que iria fazer isso reunindo as ideias que os alunos tinham apresentado, porque à medida que foram trabalhando, eles foram construindo o entendimento sobre o que é equilíbrio químico. Finalizando, a professora sintetizou as ideias relativas ao conceito de equilíbrio químico que foram construídas ao longo das atividades de modelagem.

4.1.3.6 *Etapa 6: Entrevista final com a professora*

Os objetivos de realizamos uma entrevista final com a professora eram sondar os conhecimentos da mesma sobre a perspectiva de ensino envolvendo argumentação e seus conhecimentos docentes em argumentação. Isto seria importante para corroborar nossas interpretações de suas ações e sondar o desenvolvimento de seus conhecimentos docentes relativos à argumentação.

O protocolo de entrevista (Apêndice 6) foi dividido em três partes relacionadas. Tal protocolo foi construído por mim e validado em discussões com a orientadora deste trabalho a partir de considerações sobre os objetivos da entrevista e os dados coletados até aquele momento.

A primeira parte do protocolo, referente aos conhecimentos docentes, foi confeccionada de forma análoga à primeira parte da entrevista 1 (Apêndice 5), ou seja, também foi elaborada a partir da proposta de Loughran e colaboradores (2006). Como explicado na apresentação da primeira etapa, o protocolo visa investigar aspectos relacionados ao PCK do docente sobre um conteúdo científico curricular específico, de tal forma que as respostas da professora podem representar indícios de sua prática docente. Assim, essa parte do protocolo se difere da entrevista inicial apenas pelo conteúdo abordado, pois inicialmente investigamos os conhecimentos docentes da professora associados ao ensino de cinética química, enquanto nesta entrevista buscamos sondar esses conhecimentos relativos ao conteúdo de equilíbrio químico.

Na segunda parte, buscamos investigar os conhecimentos da professora sobre o uso e as contribuições de atividades de modelagem *no* e *para* o ensino de conteúdos químicos, além de obter informações sobre se os alunos investigados haviam vivenciado atividades daquela natureza em outros momentos. A partir dessa discussão, foi possível acessar: os fatores que motivaram a professora a indagar os alunos em determinados momentos da atividade; as justificativas da mesma para não ter envolvido os alunos em algum momento propício à ocorrência de argumentação (por exemplo, os momentos nos quais os alunos apresentaram modelos diferentes); as reflexões para uma futura ação docente envolvendo argumentação (por exemplo, o que a professora faria de forma diferente caso tivesse mais tempo disponível); entre outras informações.

A terceira parte da entrevista tinha como objetivo proporcionar à professora outro momento de reflexão sobre todo o processo de ensino contemplado na coleta de dados (desde o ensino de cinética química até o de equilíbrio químico). A partir desse momento de reflexão, buscamos investigar se a professora acreditava que seus conhecimentos sobre argumentação e modelagem influenciaram a forma como ela organizou e conduziu todos os processos de ensino.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS

Nesse trabalho, realizamos uma pesquisa qualitativa e adotamos como estratégia de investigação, ou metodologia, o uso de estudo de caso (EC). Em um EC, o pesquisador se dedica a investigar uma unidade de análise, um caso (Merriam, 2009; Creswell, 2013). Assim, se o fenômeno a ser investigado não for intrinsecamente limitado, este não pode ser considerado um caso (Merriam, 2009) e, conseqüentemente, a pesquisa não pode ser definida como estudo de caso. Além disto, em um EC, o investigador pode explorar um único caso ou múltiplos casos ao longo do tempo, por meio de uma coleta de dados densa e detalhada, de forma que esta envolva múltiplas fontes de informação e permita a construção de uma descrição rica do caso (Merriam, 2009; Creswell, 2013).

Em linhas gerais, nossa pesquisa é coerente com essa estratégia porque nos dedicamos a investigar as ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação manifestadas por uma professora no processo de ensino de conteúdos científicos curriculares. Portanto,

tratamos de um caso limitado, pois este se refere apenas às ações que foram manifestadas por aquela professora em uma sala de aula específica. Além disso, a nossa coleta de dados (como descrito anteriormente) ocorreu por meio de entrevistas e por meio da observação, o que resultou em um grande conjunto de dados, o que permitiu uma descrição detalhada do caso investigado em ordem cronológica.

Merriam (2009) defende que o estudo de caso qualitativo pode ser caracterizado como sendo: particular, descritivo e heurístico. A seguir, discutimos as características destacadas pela autora e ressaltamos como a nossa pesquisa atende a esses requisitos, justificando a adequação dessa estratégia frente aos objetivos da mesma.

- *Particular* – o fato de um EC ser particular significa que o mesmo trata de uma situação específica ou de uma entidade que possa ser definida a partir de parâmetros como, por exemplo, tempo e local específico. Isto significa que o caso investigado é importante em termos do que ele revela sobre um fenômeno, contribui para a compreensão de um fenômeno, ou é importante em termos do que ele representa, ou seja, o que ele representa é significativo e justifica ser estudado.

Em relação a essa característica, ressaltamos que o caso investigado nesse trabalho – *as ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação manifestadas por uma professora de Química em situações de ensino de conteúdos científicos curriculares* – é importante porque ele ilumina discussões sobre os tipos de ações manifestadas por um professor em sala de aula que podem ajudar no trabalho com, e no desenvolvimento da, argumentação em contextos regulares de sala de aula.

- *Descritivo* – isto significa que o estudo de caso tem como produto uma descrição detalhada e densa sobre o fenômeno investigado.

Nesse sentido, os dados coletados permitiram que fosse realizada uma análise minuciosa do caso. Isto gerou uma descrição detalhada sobre: (i) os momentos em que as ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação foram manifestadas; (ii) as relações entre tais ações e as estratégias de ensino adotadas pela professora; e (iii) as potencialidades dessas ações para o desenvolvimento dos conhecimentos processuais e epistêmicos dos alunos.

- *Heurístico* – isto quer dizer que o estudo de caso contribui para o entendimento do leitor sobre o fenômeno investigado.

Consideramos que o nosso EC é heurístico porque ele pode favorecer o entendimento dos leitores sobre o papel das ações manifestadas pela professora nas situações de ensino envolvendo argumentação, assim como sobre as contribuições destas para o desenvolvimento da argumentação e para o ensino de argumentação em sala de aula. Ressaltamos também o papel heurístico desse EC no que diz respeito ao fato de ele poder iluminar a compreensão do leitor sobre as relações entre as ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação e o potencial das mesmas para o desenvolvimento dos conhecimentos processuais e epistêmicos dos alunos.

Tendo em vista que a intenção do pesquisador influencia o tipo de EC que será desenvolvido por ele, o EC construído por nós tem características acentuadas de um estudo de caso do tipo instrumental, o qual foi caracterizado por Stake (1995 apud Creswell, 2013), que classifica estudos de caso em intrínsecos e instrumentais. Segundo o autor, em um EC intrínseco, o pesquisador está interessado em *um caso* particular, pois o mesmo representa um caso incomum e, por isso precisa ser descrito e detalhado (Creswell, 2013). Por outro lado, em um EC instrumental o foco do pesquisador é compreender *uma questão* específica, *um problema* etc., e, portanto, o caso selecionado tem a função de prover *insights* sobre a questão (Grandy, 2010; Creswell, 2013).

Frente a tais definições, nosso estudo de caso tem um viés instrumental porque os nossos objetivos eram compreender: (i) quais ações manifestadas pela professora poderiam ser consideradas favoráveis ao ensino envolvendo argumentação; (ii) as relações dessas ações com as estratégias de ensino utilizadas pela professora; e (iii) o potencial destas ações para desenvolvimento dos conhecimentos processuais e epistêmicos dos alunos. Portanto, o caso – as ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação manifestadas por uma professora de Química em situações de ensino envolvendo conteúdos científicos curriculares – tinha a função de contribuir para nosso entendimento sobre o papel dessas ações no ensino de ciências envolvendo argumentação. Em outras palavras, a compreensão sobre tais ações extrapola as dimensões da prática da professora estudada, de sua sala de aula, da área de conhecimento ensino de Química etc.

Em relação ao processo de análise dos dados, destacamos que seguimos alguns passos frequentemente utilizados em pesquisas qualitativas: caracterização, recorte, codificação, categorização, transformação em temas e apresentação dos dados (Savin-Baden e Major, 2013). Com o intuito de sistematizar as ideias discutidas nessa seção, apresentamos em um esquema (figura 3) as etapas apontadas por Savin-Baden e Major (representados ao lado esquerdo da figura 3) e o produto de cada uma das etapas em nossa pesquisa (representados ao lado direito da figura 3). Em seguida, descrevemos cada um desses passos e como eles foram realizados por nós.

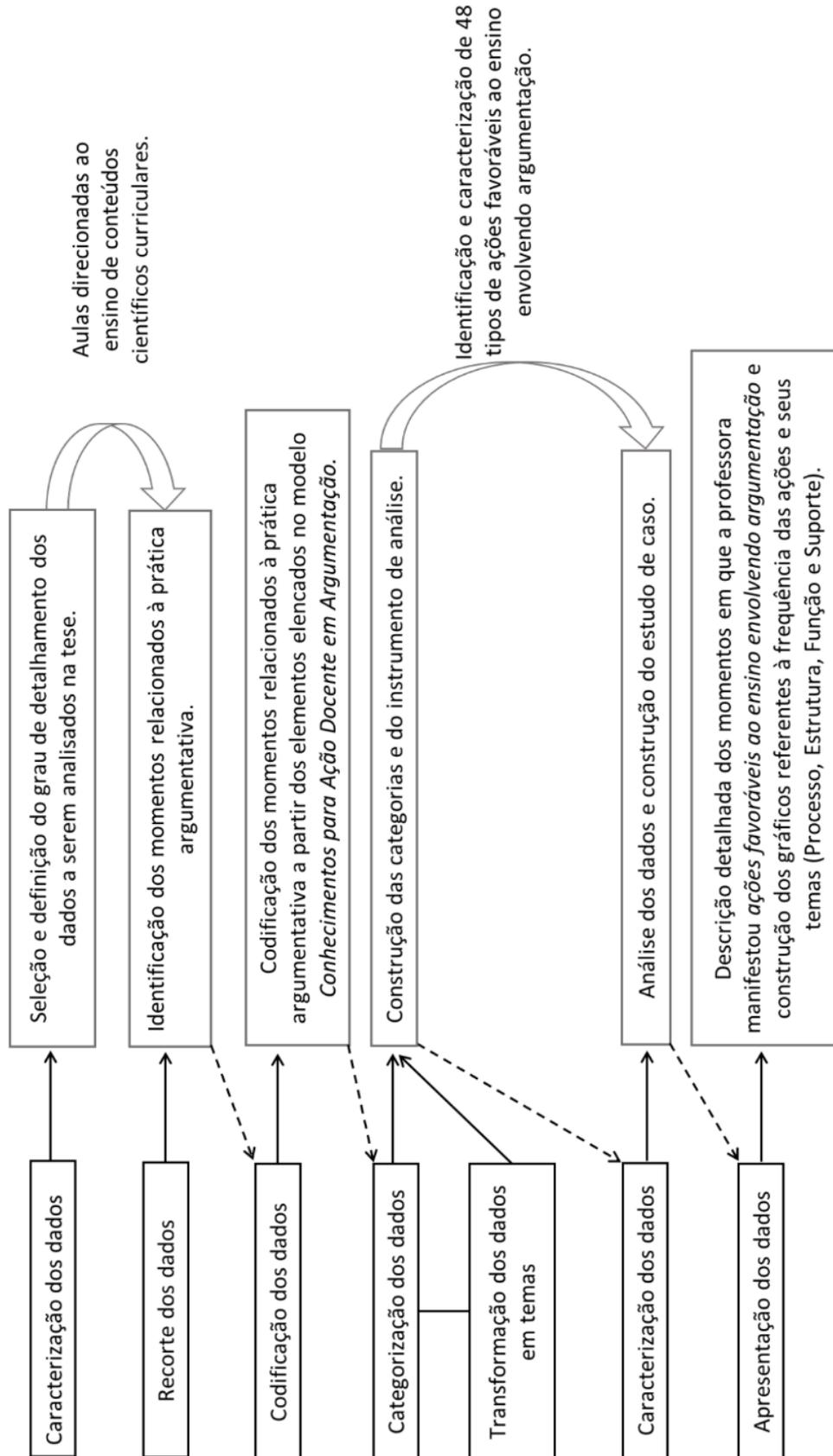


Figura 3: Esquema das etapas apresentadas por Savin-Baden e Major (2013) e o produto em cada uma dessas etapas em nossa pesquisa.

4.2.1 Caracterização dos dados

Segundo Savin-Baden e Major (2013), a caracterização dos dados pode ser considerada a primeira etapa para a análise dos mesmos, visto que ela reflete o que o pesquisador considera importante e o porquê disso. Esse processo é guiado tanto pelos objetivos do pesquisador quanto por seus referenciais metodológicos e filosóficos, pois é preciso selecionar quais dados serão transcritos ou descritos e em que nível de detalhamento isso será feito. Sendo assim, diferentes pesquisadores podem propor formas de caracterização diversas. Por exemplo, ao transcrever uma entrevista, um pesquisador pode optar por transcrever as falas de um sujeito sem retratar as pausas e os vícios de linguagem. Porém, outro pesquisador pode julgar que esses aspectos são importantes para a sua pesquisa porque indicam, por exemplo, hesitação na resposta (Savin-Baden e Major, 2013).

Fazendo um paralelo com as discussões sobre argumentação, podemos pensar a caracterização como um primeiro passo no processo de construção das evidências a partir de um conjunto de dados. Isto porque, a partir de todos os dados coletados, o pesquisador escolhe e apresenta aqueles que são significantes para a sua pesquisa, ou seja, ele identifica quais dados podem ser usados como evidência em um determinado projeto – processo que envolve algum tipo de interpretação desses dados.

No processo de caracterização dos nossos dados, selecionamos (a partir de todos os dados coletados no período de julho a dezembro) quais dados seriam analisados nesta tese e como estes seriam descritos tendo em vista as nossas questões de pesquisa. Dessa forma, definimos que utilizaríamos as observações feitas e registradas em vídeo das aulas ministradas pela professora que tinham por objetivo o ensino de um conhecimento científico curricular e nas quais aconteceram interações entre a professora e os alunos. Além disso, optamos por utilizar os dados coletados a partir de entrevista como suporte para a interpretação e discussão das ações identificadas e caracterizadas nas aulas analisadas.

Destacamos também que, nesse primeiro recorte, decidimos desconsiderar os registros coletados durante uma atividade de júri simulado, a qual fazia parte da avaliação referente a sequência didática sobre termoquímica. Nas aulas associadas à atividade do júri, a professora e os alunos discutiram um pouco sobre o vídeo “Super Size: A dieta do Palhaço”

e sobre aspectos relacionados à queima dos alimentos no organismo e à produção de energia. Embora nessas aulas os alunos tenham participado, manifestado suas ideias e suas observações sobre o documentário, julgamos que tal atividade pouco contribuía para o nosso estudo. Isto porque, frente ao nosso objetivo geral de investigar as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora e ao fato de Fernanda ter feito poucas intervenções durante essas aulas, julgamos que as mesmas eram menos significativas para a proposta do trabalho, visto que as falas dos alunos eram predominantes e o nosso foco de estudo era a professora. Além disso, esse primeiro recorte diz respeito ao fato de existirem menos pesquisas que investigam argumentação em situações regulares de ensino do que em situações naturalmente controversas, como é o caso das atividades envolvendo júri simulado.

Em um segundo momento, frente ao objetivo de investigar as ações da professora relacionadas à argumentação, optamos por fazer uma descrição das aulas ao invés de transcrevê-las na íntegra. Consideramos que o uso da transcrição na íntegra poderia ser um complicador. Por exemplo, dada à dinâmica da sala de aula, em alguns momentos, a fala da professora retomava uma ideia apresentada por um aluno na aula anterior, o que poderia não ficar claro caso apenas as transcrições das falas fossem lidas. Ou seja, para entender à que a professora estava se referindo, era preciso retomar a discussão realizada na aula anterior. Por isso, optamos por descrever as aulas observadas, de forma que fosse possível retratar de modo mais claro as situações de ensino, e transcrever apenas os diálogos entre a professora e os alunos que se caracterizaram como situações argumentativas como, por exemplo, quando a professora discutiu com um grupo de alunos sobre os dados coletados em uma atividade experimental.

Após a caracterização dos dados, seleção e descrição, nos dedicamos à leitura exaustiva das descrições das aulas. Essa leitura favoreceu a ampliação da compreensão do todo, isto é, do processo de ensino integral realizado pela professora; das partes, isto é, os momentos em que a professora envolveu os alunos na prática argumentativa, favoreceu com que isso acontecesse, ou ainda, trabalhou com outro aspecto relativo à argumentação. Esse momento foi fundamental para que tivéssemos condições de realizar o próximo passo da análise dos dados: o recorte dos dados para a análise.

4.2.2 Recorte dos dados

O segundo passo para análise dos dados se refere ao recorte dos dados, o que permite reduzir as informações para que se possa realizar uma análise mais detalhada (Savin-Baden e Major, 2013). Nesse sentido, a partir das descrições das aulas, realizamos uma leitura detalhada visando identificar os momentos que poderiam ser relacionados à prática argumentativa e os separamos dos demais. Em outras palavras, frente à descrição de uma aula, identificamos quais momentos poderiam estar relacionados a algum aspecto do trabalho com a argumentação e quais momentos diziam respeito apenas à dinâmica da sala de aula. Por exemplo, nessa etapa, excluimos da análise os momentos nos quais a professora discutiu com os alunos a resolução de algum exercício ou aspectos sobre a dinâmica de uma prova.

4.2.3 Codificação dos dados

A partir do recorte dos dados, o pesquisador tem a possibilidade de analisá-los mais detalhadamente. Assim, aspectos específicos podem emergir dos dados e, em geral, esses aspectos são destacados a partir do uso de códigos, os quais ajudam no processo de significação dos mesmos. Esse processo de rotular os dados é chamado de codificação e permite a observação de detalhes e implicações a partir de partes dos dados (Savin-Baden e Major, 2013).

Segundo Savin-Baden e Major (2013), a codificação pode ser feita tendo em vista dois aspectos: descrição ou análise. A codificação descritiva é um processo de sumarização ou descrição de dados, e os rótulos são propostos a partir de palavras apresentadas nos textos. O tipo de código gerado nesse processo é chamado de indutivo, porque tais códigos emergem diretamente dos dados. Em contrapartida, a codificação analítica implica no uso de códigos baseados em referenciais teóricos, e assim envolve o uso de códigos a priori. Ressaltamos que a codificação dos dados não é igual à análise dos mesmos, embora elas estejam relacionadas. A codificação pode dar indícios de conexões entre os dados ou permitir o estabelecimento de relações entre eles, mas, em geral, esta aparece como uma etapa preliminar da análise dos dados. Resumindo, o processo de codificação dos dados pode contribuir para que o pesquisador organize seus dados a partir de temas, ideias, tópicos etc.

Em nosso caso, após ter realizado o recorte dos dados, isto é, selecionado os momentos das aulas relacionados à argumentação, fizemos uma nova leitura do material. Nessa nova leitura, buscamos relacionar os momentos referentes à prática argumentativa a algum aspecto dos conhecimentos sobre argumentação elencados no modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*, o qual foi apresentado no capítulo 2. Dessa forma, utilizamos códigos como, por exemplo, evidência, justificativa, refutação etc. Além disso, destacamos que realizamos um processo de codificação do tipo analítico porque usamos códigos estabelecidos a partir de um referencial teórico de argumentação.

4.2.4 Categorização e transformação dos dados em temas: Construção do instrumento de análise

A criação dos códigos com base nos referenciais de argumentação subsidiou a criação das categorias de análise. O conjunto das categorias criadas constitui o nosso instrumento de análise e, por isso, descrevemos o processo de construção do instrumento de análise e criação das categorias conjuntamente.

Na etapa de caracterização, o pesquisador busca uma nova forma de organização dos dados (Savin-Baden e Major, 2013). A criação das categorias implica em uma reflexão sobre as partes, identificadas inicialmente por meio dos códigos, para o todo. Dessa forma, o processo de criação das categorias é guiado pelas questões de pesquisa propostas pelo pesquisador (Merriam, 2009).

A fim de categorizar os dados, primeiramente, utilizamos as ações relativas à argumentação apontadas na literatura da área de argumentação, as quais fazem parte do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* (apresentado no capítulo 2). Durante esse processo, observamos que, em vários momentos, algumas ações descritas na literatura não eram adequadas para categorizar os dados. Isto porque os nomes atribuídos às categorias não eram claros em relação ao conteúdo das ações. Nesse caso, optamos por reformular o nome da categoria de forma que este se tornasse mais claro e pudesse favorecer o processo de caracterização das ações. Além disso, observamos que na literatura há um número restrito de categorias, o que não permitia descrever a variedade de ações realizadas pela professora. Assim, e considerando as discussões na literatura sobre as ações favoráveis

ao ensino envolvendo argumentação, optamos por construir, a partir dos nossos dados, outras categorias que permitissem caracterizar as demais ações da professora.

No processo de construção dessas categorias, levamos em consideração cinco critérios necessários para que as categorias possam ser consideradas adequadas. Segundo Merriam (2009), as categorias devem ser: (i) *responsivas*, isto é estar de acordo com a proposta da pesquisa; (ii) *exaustivas*, o que significa que abrangem todos os dados relevantes; (iii) *mutuamente exclusivas*, ou seja, uma unidade de dados pode ser alocada em apenas uma categoria; (iv) *sensíveis aos dados*, o que quer dizer que o nome da categoria dá indícios de seu significado ou natureza; e (v) *conceitualmente congruentes*, isto é, todos os dados caracterizados estão em mesmo nível conceitual. Para ilustrar o processo de criação dessas categorias, apresentamos como exemplo o processo de construção da categoria *encorajar a realização de uma investigação com o objetivo de coletar dado(s) que pode(m) ser usado(s) como evidência*. A partir da fala da professora:

Eu estou vendo aqui que está tendo um problema, a gente não está chegando a um consenso. Afinal de contas: a parafina queima ou não queima? Ou é só o barbante que queima? Qual o papel da parafina na vela? Para responder isso, nós vamos fazer um experimento: colocar a vela para queimar. Quem quiser melhorar o experimento, pode fazer o seguinte: pegar uma vela mais grossa e uma vela mais fininha, do mesmo tamanho; quem tiver em casa uma vela de aniversário, daquelas bem fininhas, e uma vela um pouco mais grossa, aquela vela normal; coloquem essas velas para queimarem; e vocês vão observar. Vão observar o que? Vocês irão tentar observar um pouco do que está acontecendo ali, a chama, a cor da chama e resíduos. E, no final vocês irão observar o que sobrou. (Aula 1)

Observamos que a mesma estava envolvendo os alunos no trabalho com o elemento evidência ao solicitar que os mesmos buscassem coletar dados que pudessem ajudá-los a sustentarem suas conclusões sobre a questão em discussão: qual o papel da parafina no processo de queima da vela? Além disso, observamos que esse evento não poderia ser categorizado a partir das ações elencadas na literatura que envolvem o elemento evidência como, por exemplo, pela ação *solicitar que os alunos avaliem as evidências disponíveis para sustentar cada uma das interpretações possíveis para o problema* apontada por Simon e colaboradores (Simon *et al.*, 2006). Por isso, construímos uma ação que descrevesse adequadamente o conteúdo da ação da professora.

Destacamos que além das categorias construídas a partir dos dados analisados, criamos outras categorias à luz do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* e que, portanto, estão pautadas na literatura sobre argumentação. Assim, essas ações não foram identificadas em nosso conjunto de dados, mas, frente às discussões sobre argumentação no contexto de ensino, julgamos que as mesmas poderiam ser manifestadas por um professor em sala de aula. Por exemplo, em nossos dados, observamos apenas a manifestação da ação *encorajar a elaboração de teorias alternativas*. Porém, considerando as capacidades argumentativas descritas por Kuhn (1991), definimos que também seria possível que um professor realizasse ações dos tipos *encorajar a elaboração de refutações* e *encorajar a elaboração de contra-argumentos*.

Além disso, tendo em vista a importância das discussões explícitas sobre argumentação para o desenvolvimento dos conhecimentos dos alunos nas dimensões processual e epistêmica (como mencionado no capítulo 2), criamos categorias que dizem respeito às ações relativas à reflexão sobre o processo argumentativo como, por exemplo, ações do tipo *engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a construção de evidência(s) a partir da análise dos dados* e *engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a persuasão de uma audiência*.

Considerando o exposto anteriormente, as categorias – as ações – apresentadas nesse trabalho possuem quatro origens:

- categorias provenientes da literatura da área como, por exemplo, *construir argumento(s)*. Optamos por manter a construção original dessas categorias quando concluímos que o título e a descrição das mesmas eram suficientemente claros e que elas atendiam os cinco critérios mencionados anteriormente;
- categorias apresentadas na literatura da área e que foram reformuladas para que seu significado ficasse mais claro. Por exemplo, a categoria *solicitar que outro grupo avalie a(s) justificativa(s) ou enunciados(s) apresentada(o)(s) pelo(s) colega(s)* foi pensada a partir da ação *incentivar a avaliação dos argumentos pelos alunos* apresentada em Simon *et al.* (2006). Na maior parte dos casos, as reformulações foram realizadas a fim de acrescentar elementos que ajudassem o leitor a compreender como a ação foi realizada pela professora, de forma que a categoria

atendesse o critério de responsividade. Assim, considerando o exemplo apresentado, julgamos que a ação *incentivar a avaliação dos argumentos pelos alunos* é bastante ampla e não fornece indícios sobre como a professora efetivamente incentivou os alunos no processo de avaliação dos argumentos. Por outro lado, a ação *solicitar que outro grupo avalie a(s) justificativa(s) ou enunciados(s) apresentada(o)(s) pelo(s) colega(s)* deixa explícito que a professora pediu que os alunos avaliassem os argumentos dos colegas a partir das justificativas apresentadas ou do enunciado elaborado. Isto permite diferenciar, por exemplo, os momentos em que a professora solicitou que os alunos avaliassem as evidências usadas para dar suporte às ideias apresentadas pelos alunos;

- categorias que emergiram dos dados analisados e que foram construídas levando em consideração os cinco princípios mencionados por Merriam (2009).
- categorias criadas à luz dos referenciais teóricos do campo de argumentação e baseadas no modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* como, por exemplo, *engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a construção de teoria alternativa a partir da análise dos dados* e *engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre o processo argumentativo de avaliar afirmativas de conhecimento à luz das evidências disponíveis*.

Em relação às categorias criadas, ressaltamos que dois termos usados merecem ser esclarecidos, visto que os mesmos são polissêmicos e seus significados não foram discutidos em outros momentos deste trabalho: *enunciado* e *explicação*. Julgamos também que isto irá contribuir para uma maior compreensão das ações que apresentam estes termos como, por exemplo, *avaliar enunciado(s) apresentado(s) pelo(s) colega(s)* e *formular explicação(ões)*. Nesse trabalho, consideramos que: (i) enunciado é um termo amplo que pode ser usado para representar uma hipótese, uma afirmativa ou uma conclusão (Jiménez-Aleixandre, 2010); e (ii) explicação é uma sentença formulada com a intenção de esclarecer algo ou de tornar algo mais compreensível. No contexto investigado, as explicações foram formuladas pela professora ou pelos alunos com o intuito de favorecer a compreensão sobre um fenômeno ou de sintetizar as discussões sobre um fenômeno, de forma que sua compreensão fosse favorecida.

Em um segundo momento, após a criação das categorias, estabelecemos relações entre os tipos de ação, as categorias, de forma a unificar o conjunto de dados. Essa etapa é nomeada por Savin-Baden e Major (2013) como transformação dos dados em temas e, permitiu a criação de quatro temas: *processo*, *estrutura*, *função* e *suporte*. Esses temas permitiram alocar ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação de mesma natureza e contribuíram para o processo de análise dos dados porque passamos a identificar nos dados a relação entre um evento e o tema, e, em seguida, fizemos uma análise mais detalhada sobre as ações manifestadas pela professora.

Todo esse processo de caracterização dos dados, permitiu a construção do nosso instrumento de análise. O instrumento de análise construído consiste em um quadro (quadro 2) que reúne os 48 tipos de *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*, os quais são divididos de acordo com os quatro temas criados, representados na primeira coluna. A fim de facilitar a identificação da relação entre os tipos de ações e o tema, na segunda coluna apresentamos uma descrição do tema proposto.

Tema	Descrição do tema	Ações do professor que podem contribuir para o desenvolvimento da argumentação em sala de aula
Processo	<p>Ações do professor que fomentam o envolvimento dos alunos no processo de argumentar, em termos de: (i) justificar ou avaliar afirmativas de conhecimento à luz das evidências disponíveis; ou (ii) persuadir uma audiência, o que envolve a manifestação de argumentos, contra-argumentos, teorias alternativas e refutações.</p>	<p>Encorajar a realização de uma investigação com o objetivo de coletar dado(s) que pode(m) ser usado(s) como evidência.</p> <p>Engajar o(s) aluno(s) no processo de análise de dado(s) tendo em vista a construção de evidências.</p> <p>Apresentar ou destacar dado(s) que pode(m) ser usado(s) como evidência.</p> <p>Solicitar a apresentação de evidência(s) para dar suporte a uma ideia expressa em um enunciado.</p> <p>Solicitar a avaliação da(s) evidência(s) usada(s), ou possível(is) de serem usadas, para dar suporte a uma ideia expressa em um enunciado.</p> <p>Encorajar a apresentação de justificativa(s).</p> <p>Apresentar e/ou enfatizar justificativa(s).</p> <p>Encorajar a construção de argumento(s) orais e/ou escritos.</p> <p>Construir argumento(s).</p> <p>Encorajar a reflexão do(s) aluno(s) sobre seu(s) próprio(s) argumento(s) ou enunciado(s).</p> <p>Encorajar a elaboração de teoria(s) alternativa(s).</p> <p>Encorajar a elaboração de contra-argumento(s).</p> <p>Encorajar a elaboração de refutação(ões).</p> <p>Solicitar que outro grupo avalie a(s) justificativa(s) ou enunciados(s) apresentada(o)(s) pelo(s) colega(s).</p> <p>Avaliar enunciado(s) apresentado(s) pelo(s) aluno(s).</p> <p>Avaliar o processo argumentativo.</p>

Quadro 2: Ações do professor que podem contribuir para o desenvolvimento da argumentação em sala de aula e seus temas relacionados. (continua)

Tema	Descrição do tema	Ações do professor que podem contribuir para o desenvolvimento da argumentação em sala de aula
Estrutura	Ações do professor relacionadas à explicação, apresentação ou exemplificação dos elementos presentes no processo argumentativo. Tais ações estão relacionadas ao ensino na dimensão conceitual de argumentação, e têm por objetivo contribuir para que os alunos compreendam os elementos básicos de um argumento (evidência, justificativa e conclusão) e o significado das capacidades argumentativas (elaborar argumentos, teorias alternativas, contra-argumentos e refutações).	Definir o conceito de evidência.
		Exemplificar o conceito de evidência.
		Enfatizar a importância ou o papel de evidência(s) na construção de argumentos.
		Engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a construção de evidência(s) a partir da análise de dados.
		Definir o conceito de justificativa.
		Exemplificar o conceito de justificativa.
		Definir o conceito de argumento.
		Exemplificar o conceito de argumento.
		Definir o conceito de teoria alternativa.
		Exemplificar o conceito de teoria alternativa.
		Definir o conceito de contra-argumento.
		Exemplificar o conceito de contra-argumento.
		Definir o conceito de refutação.
Exemplificar o conceito de refutação.		

Quadro 2: Ações do professor que podem contribuir para o desenvolvimento da argumentação em sala de aula e seus temas relacionados. (continuação)

Tema	Descrição do tema	Ações do professor que podem contribuir para o desenvolvimento da argumentação em sala de aula
Função	Ações do professor relacionadas à compreensão das funções da argumentação: justificativa ou avaliação de afirmativas de conhecimento à luz das evidências disponíveis; ou persuasão de uma audiência.	<p>Engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a construção de argumentos.</p> <p>Engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a construção de teorias alternativas.</p> <p>Engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a construção de contra-argumentos.</p> <p>Engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a construção de refutações.</p> <p>Engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a avaliação de afirmativas de conhecimento à luz das evidências disponíveis.</p> <p>Engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a elaboração de justificativas para afirmativas de conhecimento à luz das evidências disponíveis.</p> <p>Engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a persuasão de uma audiência.</p>
Suporte	Ações do professor que dão suporte ou provêm condições para a ocorrência de argumentação.	<p>Encorajar a participação na discussão, a manifestação das ideias dos alunos.</p> <p>Solicitar que o(s) aluno(s) contraste(m) diferentes interpretações para suas ideias.</p> <p>Encorajar a tomada de posicionamento.</p> <p>Solicitar a apresentação de hipótese(s) para o problema em discussão.</p> <p>Solicitar a apresentação de explicação(ões).</p> <p>Formular questão(ões) a partir de, ou retomar, a(s) ideia(s) do(s) aluno(s) com o intuito de envolver outros alunos na discussão.</p> <p>Apontar diferentes interpretações para a questão problema.</p>

Quadro 2: Ações do professor que podem contribuir para o desenvolvimento da argumentação em sala de aula e seus temas relacionados. (continuação)

Suporte	Ações do professor que dão suporte ou provêm condições para a ocorrência de argumentação.	<p>Valorizar diferentes posicionamentos.</p> <p>Eleger a(s) melhor(es) explicação(ões) para a questão problema.</p> <p>Apresentar e/ou relacionar informações relevantes para a discussão.</p> <p>Formular explicação(ões).</p>
---------	---	---

Quadro 2: Ações do professor que podem contribuir para o desenvolvimento da argumentação em sala de aula e seus temas relacionados. (continuação)

4.2.5 Categorização dos dados e construção do estudo de caso

De posse da versão final do instrumento de análise, voltamos aos dados e fizemos uma nova análise dos mesmos. Embora parte das categorias presentes no instrumento tenha sido criada a partir dos dados, era essencial realizar uma nova análise tendo em vista as outras categorias inseridas no instrumento (por exemplo, aquelas elaboradas a partir da literatura da área de argumentação), pois a partir daí poderíamos observar se as ações analisadas anteriormente estavam categorizadas adequadamente ou se seriam melhor descritas ao serem alocadas em outras categorias.

Tendo em vista a subjetividade envolvida em uma análise qualitativa, optamos por utilizar a estratégia de triangulação entre analistas como uma forma de assegurar a validade interna de nossa análise. No processo de triangulação entre investigadores ou analistas, a análise dos dados é realizada de forma independente por cada um dos envolvidos e os resultados são comparados e discutidos (Merriam, 2009; Cohen *et al.*, 2011). Dessa forma, o instrumento de análise foi utilizado independentemente pelas duas participantes deste trabalho (minha orientadora e eu) para analisar as ações da professora. Em seguida, comparamos os resultados e discutimos os casos em que não houve concordância até que a mesma fosse atingida.

A junção dos dados referentes à categorização das ações da professora, às situações de ensino e às informações coletadas a partir das entrevistas subsidiaram a construção do estudo de caso referente às ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação manifestadas pela professora nas situações de ensino de conteúdos científicos curriculares. De posse do estudo de caso construído e da análise realizada sobre as ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação manifestadas pela professora, solicitamos que a professora, sujeito de pesquisa desse trabalho, lesse o material produzido e se posicionasse frente ao mesmo. Ou seja, pedimos à professora que avaliasse a análise realizada, especialmente em relação às nossas interpretações relacionadas às suas intenções ou dificuldades ao longo das aulas observadas. Segundo a literatura (Cohen *et al.*, 2011), essa é uma estratégia que pode ser utilizada com o objetivo de conferir maior credibilidade aos dados. Portanto, após o respaldo da professora sobre nossa análise, consideramos que esta adquiriu maior credibilidade.

4.2.6 Apresentação dos dados

Na etapa de apresentação dos dados, os pesquisadores buscam formas de apresentar seus resultados (Savin-Baden e Major, 2013). Essa etapa é uma parte fundamental no processo de análise dos dados porque a forma de apresentar os resultados pode contribuir para que o pesquisador perceba e estabeleça novas relações entre os dados, assim como para que futuros leitores compreendam e acessem os resultados de um estudo.

Há uma infinidade de formas de se apresentar os resultados como, por exemplo, tabelas, matrizes, diagramas etc. (Savin-Baden e Major, 2013). Diante de todas as opções disponíveis, optamos por apresentar os nossos resultados a partir de gráficos de barra e de um quadro. Nesses gráficos, é possível observar o número de vezes que cada ação foi manifestada pela professora durante cada uma das aulas. Além disso, as ações da professora que implicaram diretamente em uma ação dos alunos são representadas por preenchimento sólido, enquanto as demais ações, as quais não demandavam diretamente uma ação dos alunos, são representadas pelo uso de hachuras. Os gráficos foram confeccionados para cada um dos temas previamente definidos, ou seja, criamos quatro gráficos referentes a *processo*, *estrutura*, *função* e *suporte*, e estes contemplam todas as 10 aulas observadas. Optamos também por construir um quadro geral, no qual são apresentados todos os tipos de ações manifestadas pela professora ao longo das aulas e a frequência de cada uma dessas ações em cada uma delas.

Além disso, ao invés de apresentar ao leitor o estudo de caso completo, decidimos apresentar uma descrição detalhada de cada uma das ações observadas e tecer considerações entre elas e suas potencialidades para o desenvolvimento dos conhecimentos dos alunos nas dimensões processuais e epistêmicas. Ressaltamos que optamos por não apresentar o estudo de caso porque o mesmo ficou bastante extenso e julgamos que a sua leitura poderia se tornar cansativa, visto que uma mesma ação foi manifestada em vários momentos de uma mesma aula e se repetiu em outras aulas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo, apresentamos os dados obtidos a partir do processo de análise descrito no capítulo 4 e os discutimos à luz da literatura da área. Optamos por dividir esse capítulo em duas seções: (i) resultados e discussões por tema; e (ii) discussões gerais. Na primeira seção, *resultados e discussões por tema*, apresentamos e discutimos as ações da professora de acordo com cada um dos temas: *processo*, *estrutura*, *função* e *suporte*. Na sequência, em *discussões gerais* apontamos resultados mais amplos e estabelecemos algumas relações entre os resultados apresentados e discutidos na seção anterior. Consideramos que essa divisão é fundamental para que o leitor possa compreender tanto as discussões sobre as ações relacionadas a um tema e as relações entre elas, quanto as relações entre as ações dos diferentes temas e as estratégias de ensino.

5.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES POR TEMA

5.1.1 Processo

A partir da análise dos eventos ocorridos em todas as 10 aulas que envolveram discussões relacionadas ao ensino de aspectos de conteúdo dos tópicos cinética química, termoquímica e equilíbrio químico, apresentamos, no gráfico 1, todas as ações manifestadas pela professora associadas ao tema *processo* e o número de vezes que cada uma dessas ações foi observada e classificada por nós. Destacamos que, no gráfico 1, as ações da professora que implicaram diretamente em uma ação dos alunos são representadas por preenchimento sólido, enquanto as demais ações, as quais não demandavam diretamente uma ação dos alunos, são representadas pelo uso de hachuras.

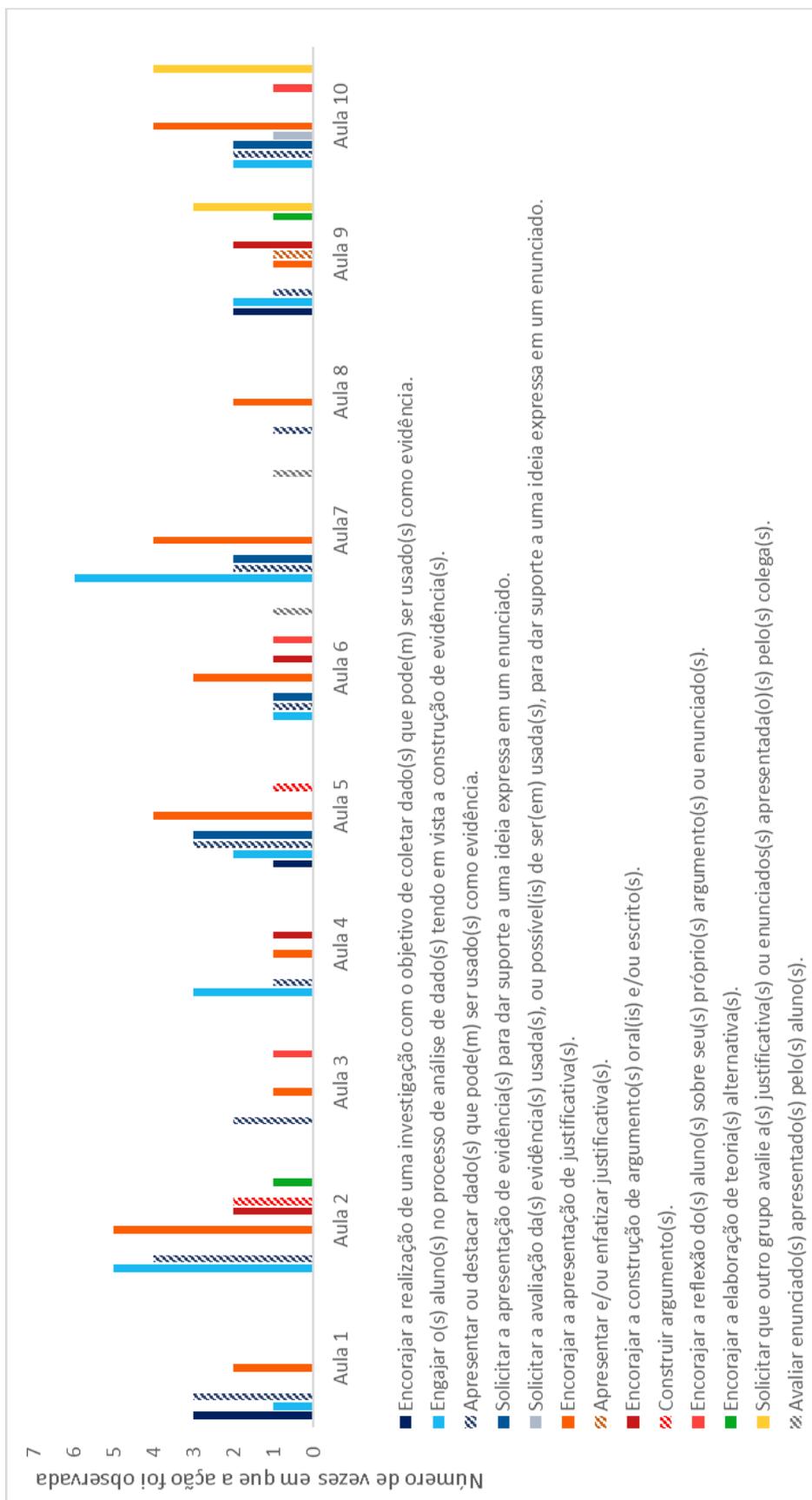


Gráfico 1: Ações manifestadas pela professora relacionadas ao tema *processo* ao longo das aulas.

No gráfico 1 podemos observar que a professora manifestou 13 dos 16 tipos de ações associadas ao tema *processo*, ou seja, Fernanda não manifestou apenas as ações *encorajar a formulação de contra-argumento(s)*, *encorajar a formulação de refutação(ões)* e *avaliar o processo argumentativo*.

Segundo Kuhn (1991), contra argumentar se relaciona à capacidade do sujeito de perceber em que aspecto do, ou em que condições o, seu próprio argumento pode ser invalidado. Esta é uma importante capacidade argumentativa porque o sujeito pode antecipar possíveis refutações aos seus argumentos, ou seja, ao identificar uma falha em seu argumento ou as condições nas quais ele pode ser invalidado, o próprio indivíduo pode buscar outros argumentos, ou apresentar condições que reforcem a plausibilidade do argumento inicial. Portanto, podemos considerar que o desenvolvimento dessa capacidade é favorecido quando a intenção do professor é explicitamente desenvolver as capacidades argumentativas de seus alunos e, assim, ajudá-los a ser melhores argumentadores.

Ainda em relação às capacidades argumentativas, Kuhn (1991) aponta que refutar se relaciona à capacidade de o sujeito elaborar um argumento que invalide o argumento apresentado por outro sujeito participante do diálogo. A refutação pode ocorrer a partir da invalidação das evidências que dão suporte ao argumento contrário, isto é, diminuem a credibilidade de um argumento. A refutação também pode ocorrer quando o sujeito ressalta a validade, ou os aspectos positivos, de seu argumento, mostrando que este é melhor do que o outro argumento apresentado. Dessa forma, a refutação está relacionada à capacidade de o sujeito avaliar o seu próprio argumento e o argumento contrário a fim de reforçar seu posicionamento e de apontar os aspectos que indicam porque o argumento contrário não é adequado. Assim, ao refutar, um sujeito precisa compreender as razões que fazem seu argumento ser coerente e correto, e que fazem o argumento contrário ser inválido. Por isso, Kuhn considera que esta seja uma capacidade mais complexa do que as demais (Kuhn, 1991).

Diante dessas considerações, ressaltamos que no processo de ensino investigado, uma situação regular de ensino, situações argumentativas ocorreram no contexto de desenvolvimento do conhecimento científico. Em outras palavras, a argumentação foi um meio pelo qual os alunos, juntamente com a professora, justificaram e avaliaram afirmativas relacionadas ao conhecimento científico. Assim, consideramos que as ações *encorajar a*

formulação de contra-argumento(s) e encorajar a elaboração de refutação(ões) podem não ter sido manifestadas pela professora em função de sua intenção não ter sido a de ensinar explicitamente argumentação, mas sim a de que os alunos movessem seus esforços em prol da construção de um argumento plausível do ponto de vista do conhecimento científico, o que envolve principalmente o trabalho com as evidências alinhadas às justificativas.

Destacamos que em um contexto no qual os alunos não estão acostumados a vivenciar uma perspectiva argumentativa, o fato de o professor engaja-los na construção de contra-argumentos, fazê-los pensar sobre os aspectos falhos de seus argumentos ou ideias, pode acabar desestimulando a participação dos mesmos na discussão, uma vez que os alunos podem sentir que nenhuma de suas respostas estará adequada ou que suas respostas não estão ‘corretas’. Em relação à refutação, destacamos que o trabalho com essa capacidade é favorecido quando se objetiva a persuasão de uma audiência porque, nesse caso, o sujeito precisa mostrar a validade de seu argumento frente aos argumentos contrários. Assim, tendo em vista o contexto de ensino e o trabalho com argumentação visando principalmente a construção do conhecimento, consideramos coerente a não manifestação da ação *encorajar a elaboração de refutação(ões)*.

Em relação à ação *avaliar o processo argumentativo*, julgamos que esta poderia ter sido mobilizada pela professora nos momentos em que os alunos discutiram em grupos. Por exemplo, ao final das discussões sobre os experimentos ou durante a apresentação dos modelos. Isto porque, em vários desses momentos, os alunos apresentaram ideias alternativas, mobilizaram evidências para seus argumentos etc. Porém, assim como no caso anterior, julgamos que o fato de essa ação não ter sido observada pode ser um indício de que a professora trabalhou com a argumentação alinhada ao desenvolvimento de conhecimento científico pelos alunos e, provavelmente devido ao tempo disponível nas aulas (aproximadamente 50 minutos), a mesma priorizou esse desenvolvimento ao invés de o ensino explícito da argumentação.

Das ações observadas, notamos que cinco tipos estão relacionados a algum aspecto do trabalho com evidências, representados no gráfico 1 por diferentes tonalidades de azul, e que ações dessa natureza estiveram presentes em todas as aulas.

A ação *encorajar a realização de uma investigação com o objetivo de coletar dado(s) que pode(m) ser usados como evidência* foi manifestada pela professora nas aulas 1, 5 e 9. Por exemplo, na aula 1, a professora e os alunos estavam discutindo o papel da parafina na vela. Essa discussão começou porque uma parte da turma acreditava que o papel da parafina era apenas estrutural, manter o pavio em pé, enquanto a outra parte considerava que a parafina era um combustível na reação de combustão da vela porque, após a queima de uma vela, a quantidade de parafina era menor do que no início do processo. Embora os alunos tivessem opiniões divergentes sobre a contribuição da parafina no processo, nesse momento da discussão, eles não tinham nenhum elemento ou dado que os ajudasse a dar suporte a (ou sustentar) seu(s) posicionamento(s), ou seja, o que os alunos tinham eram opiniões sobre o caso.

Diante disso, a professora reconheceu a existência da divergência e sugeriu aos alunos a realização de uma investigação para que eles pudessem chegar a uma conclusão sobre o caso. Ela sugeriu que eles fizessem um experimento queimando uma vela, ou duas velas de espessuras diferentes, e observassem o processo. Em suas palavras:

Eu estou vendo aqui que está tendo um problema, a gente não está chegando a um consenso. Afinal de contas: a parafina queima ou não queima? Ou é só o barbante que queima? Qual o papel da parafina na vela? Para responder isso, nós vamos fazer um experimento: colocar a vela para queimar. Quem quiser melhorar o experimento, pode fazer o seguinte: pegar uma vela mais grossa e uma vela mais fininha, do mesmo tamanho

Além disso, nessa mesma aula, a professora solicitou que os alunos pesquisassem sobre a constituição da parafina. Consideramos que esta ação também está associada a engajar os alunos em um processo investigativo porque, ao investigar a constituição da vela, eles poderiam observar que a mesma é composta, majoritariamente, por um hidrocarboneto, e que este tem a propriedade de ser inflamável. Isto representaria uma evidência para sustentar a conclusão de que a parafina é um combustível nessa reação.

Especificamente, sobre a aula 1, consideramos que o fato de a professora ter solicitado que os alunos realizassem uma investigação para coletar dados e, assim, trabalhar com as evidências e formular suas conclusões sobre o papel da parafina no processo de queima da vela demonstra que a mesma se preocupou em envolver os alunos no processo de

construção do conhecimento. Isto porque, frente à controvérsia, a professora poderia ter apenas apresentado a resposta da questão. Porém, ela optou por dar continuidade à discussão e enfatizou a importância de os alunos coletarem e analisarem os dados para chegarem a uma conclusão. Esta ação da professora é fundamental para que os alunos se engajem em discussões frente existência de ideias diferentes, visto que não há sentido em eles se engajarem na discussão de uma controvérsia que será solucionada unicamente pelo professor (Berland e Reiser, 2010).

Em relação à ação *engajar o(s) aluno(s) no processo de análise de dado(s), tendo em vista a construção de evidência(s)*, ressaltamos que esta foi observada na maior parte das aulas, exceto nas aulas 3 e 8. A aula 3 ocorreu após a discussão sobre a questão “*Por que ao soprar uma vela ela se apaga e ao soprar o carvão ele acende?*” e contemplou a discussão sobre a construção de um gráfico de energia versus caminho da reação, especificamente, sobre como representar, em um gráfico, a energia dos produtos e dos reagentes em uma reação de combustão. Portanto, na aula 3, os alunos estavam discutindo com a professora a interpretação do ponto de vista científico para o que eles observaram e discutiram nas aulas anteriores (aulas 1 e 2), quando os alunos tinham analisado, discutido os dados e trabalhado com as evidências, o que pode ter contribuído para a não ocorrência da ação. Em outras palavras, na aula 3, os alunos usaram as evidências construídas previamente para dar suporte às suas ideias sobre como representar a energia envolvida no processo investigado.

Por outro lado, na aula 8 (relacionada ao conteúdo de equilíbrio químico) os alunos discutiram em grupo a elaboração dos modelos para explicar o que eles haviam observado no experimento realizado na aula 7, envolvendo as substâncias NO_2 e N_2O_4 . Nessa aula, a professora interviu menos nas discussões, deixando que os alunos trabalhassem em grupo de forma mais autônoma. Ademais, as ações da professora foram mais direcionadas à solicitação de que os alunos expressassem seus raciocínios sobre como eles estavam construindo suas ideias visando envolvê-los na atividade do que a questioná-los sobre a base a partir da qual eles estavam construindo suas ideias.

No que diz respeito às manifestações da ação *engajar o(s) aluno(s) no processo de análise de dado(s) tendo em vista a construção de evidência(s)*, notamos que estas ocorreram expressivamente nas aulas 2 e 7, as quais envolveram discussões sobre os experimentos

realizados. Por exemplo, na aula 7 isto se deu nos momentos em que Fernanda discutiu com os grupos de alunos sobre as observações que eles haviam feito durante a realização do experimento, solicitando que eles interpretassem os dados para formular uma conclusão.

Ainda na aula 7, Fernanda realizou o experimento envolvendo o aquecimento do sistema contendo as substâncias NO_2 e N_2O_4 . Em seguida, ela escreveu no quadro a reação correspondente à decomposição do nitrato de chumbo. Antes de completar a equação, a professora questionou se o gás formado era o nitrogênio (N_2), e alguns alunos disseram que sim. Então, Fernanda indagou sobre onde é possível encontrar N_2 . Os alunos disseram que o gás pode ser encontrado na atmosfera e a professora reforçou que o N_2 é o gás mais abundante na atmosfera. Depois, ela questionou qual era a coloração do ar que os alunos estavam observando. A partir disso, os alunos concluíram que o gás formado não poderia ser N_2 porque eles não observavam a coloração castanha no ar atmosférico, assim como podia ser visto no tubo de ensaio. Então, Fernanda escreveu no quadro que o gás formado era o dióxido de nitrogênio (NO_2), e disse que este apresenta coloração castanha, a qual era observada pelos alunos.

Nesse exemplo, todos os questionamentos feitos pela professora conduziram os alunos à construção da evidência (coloração do gás N_2), a qual foi usada para sustentar a conclusão de que o gás formado no sistema não poderia ser o nitrogênio, visto que tal gás apresentava coloração castanha. Nesse caso, a construção da evidência contribuiu para que os alunos reconhecessem que o gás formado não era N_2 e permitiu que eles entendessem porque a resposta 'o gás formado é nitrogênio' não era adequada, algo que é diferente de uma situação na qual a professora apenas diz aos alunos que a resposta é incorreta (Osborne, 2007). Assim, Fernanda deu oportunidade aos alunos de entender o porquê daquela resposta ser incorreta.

No que diz respeito à ação *engajar o(s) aluno(s) no processo de análise de dado(s) tendo em vista a construção de evidência(s)*, enfatizamos que esta tem por objetivo envolver os alunos nos processos de transformação dos dados visando a construção ou suporte de um enunciado, o que é fundamental para que os alunos não vejam o dado como uma resposta (Mcneill e Berland, 2017). Portanto, isto é importante para romper com uma ideia comum

entre os alunos: a de acreditar que os dados ‘falam por si só’, isto é, a de acreditar que apenas o dado é suficiente para responder uma questão.

No gráfico 1 podemos observar que a ação *apresentar ou destacar dado(s) que pode(m) ser usados como evidência* é a única ação relativa ao trabalho com evidência que foi manifestada pela professora em todas as aulas. Essa observação nos leva a crer que o uso de atividades experimentais pode fomentar o trabalho com argumentação, principalmente, em termos do uso de, e de discussões sobre, evidências. Um indício de tal relação é o fato de esta ação ter sido expressiva nas aulas 2 e 5, nas quais a professora e os alunos discutiram as observações e os dados coletados a partir dos experimentos realizados nas aulas anteriores: na aula 2, Fernanda enfatizou os dados coletados pelos alunos a partir do experimento envolvendo a queima de duas velas de espessuras diferentes que permitiam inferir sobre o papel da parafina na vela; na aula 5, ela disponibilizou frascos de água oxigenada e de amônia para que os alunos pudessem comparar o odor das substâncias com o odor sentido na ocorrência da reação entre tiocianato de amônio (NH_4SCN) e hidróxido de bário ($\text{Ba}(\text{OH})_2$).

Destacamos que em alguns momentos a ação de *apresentar ou destacar dado(s) que pode(m) ser usados como evidência* foi mobilizada após a ação de *engajar os alunos no processo de análise de dado(s) tendo em vista a construção de evidência(s)*. Isso ocorreu porque, após a discussão sobre os dados – as observações experimentais –, a professora ressaltou outras evidências que poderiam ser usadas para dar suporte a uma conclusão ou enfatizou as evidências apresentadas pelos alunos. Por exemplo, na aula 2, durante a discussão sobre o papel da parafina na vela, os alunos questionaram se a parte líquida que eles observaram ao queimar a vela era água. Fernanda perguntou se algum aluno havia colocado o dedo nessa parte líquida e retirado. Alguns alunos disseram que sim, acrescentando que a ponta de seu dedo havia ficado branca. Diante disso, ela lembrou que, ao retirar o dedo da parte líquida, era possível observar a formação de uma camada fina sobre o dedo, que era constituída de parafina. Nesse caso, a professora engajou os alunos no processo de construção da evidência a partir de questionamentos sobre um possível procedimento realizado por eles durante o experimento com a vela. A partir desses questionamentos, os alunos construíram a evidência (há formação de uma fina camada sobre

o dedo) e, na sequência, Fernanda ressaltou que essa fina camada era parafina, ou seja, ela destacou um dado que tinha caráter de evidência naquele contexto.

A primeira vez que a ação *solicitar a apresentação de evidência(s) para dar suporte a uma ideia expressa em um enunciado* foi manifestada pela professora ocorreu na aula 5. Posteriormente, essa ação foi observada nas aulas 6, 7 e 10. Destacamos que as aulas 5 e 7 envolveram a discussão entre a professora e os alunos sobre os experimentos realizados. Por exemplo, na aula 5, Fernanda discutiu com os grupos os experimentos realizados na aula 4, e os alunos elaboraram suas conclusões sobre os fenômenos observados: reações químicas dos tipos endotérmica e exotérmica. Por outro lado, as aulas 6 e 10 podem ser relacionadas aos momentos de fechamento da discussão. Por exemplo, na aula 10, a professora concluiu com os alunos que, em uma reação em equilíbrio, a taxa de formação de produtos é equivalente à de formação de reagentes.

De forma geral, a ação *solicitar a apresentação de evidência(s) para dar suporte a uma ideia expressa em um enunciado* foi realizada pela professora ao discutir com os alunos suas conclusões. Isto porque, ao falar com a professora, os alunos apenas enunciavam suas conclusões ou hipóteses. Então, Fernanda pedia que eles dissessem como sabiam, ou como podiam mostrar que havia ocorrido, o que eles estavam enunciando. Por exemplo, na aula 10, Fernanda retomou com toda a turma a discussão sobre as ideias de que, em um sistema em equilíbrio, todo reagente se transformaria em produto e depois o produto se transformaria em reagente, ou de que os dois processos ocorriam ao mesmo tempo. Os alunos de GJ disseram que era ao mesmo tempo; a professora perguntou como eles poderiam mostrar que era ao mesmo tempo; e João disse que era pela mudança de cor.

Em relação a *solicitar a apresentação de evidência(s) para dar suporte a uma ideia expressa em um enunciado*, salientamos que esta é uma ação importante e indica que a professora buscou envolver os alunos no processo de ensino-aprendizagem. Em geral, os alunos tendem a acreditar que não é necessário apresentar as evidências que dão suporte às suas conclusões porque consideram que o professor conhece a 'resposta certa'. Assim, basta eles a apresentarem para que o professor a avalie (Sandoval e Millwood, 2008). Então, julgamos que o fato de a professora solicitar a apresentação de evidências é fundamental para

que os alunos compreendam o papel dos dados/evidência tanto na construção quanto na avaliação das conclusões.

A ação *solicitar a avaliação da(s) evidência(s) usadas, ou possível(is) de ser(em) usada(s), para dar suporte a uma ideia expressa em um enunciado* foi apresentada pela professora na aula 10. Nessa aula, os alunos fecharam a discussão, nos grupos, sobre os modelos elaborados por eles para explicar os sistemas investigados ($\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$ e $\text{K}_2\text{CrO}_4/\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) e os apresentaram para toda a turma. Durante a discussão com a turma, o grupo GJ usou o fato de não haver mudança constante de coloração (alteração da cor amarela para laranja) do sistema envolvendo $\text{K}_2\text{CrO}_4/\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ para dar suporte à sua conclusão de que a reação não acontecia em duas etapas: formação dos produtos, seguida de formação dos reagentes. Diante disso, Fernanda questionou os demais alunos se essa era uma boa evidência para a conclusão de que a reação não estaria ocorrendo ora no sentido dos produtos ora no dos reagentes. Ou seja, a professora solicitou que os alunos avaliassem a evidência (não haver mudança constante de coloração no sistema) apresentada por um integrante de GJ tendo em vista a conclusão de que a reação de formação de CrO_4^{2-} e de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ acontecia ao mesmo tempo.

No que diz respeito à ação *encorajar a apresentação de justificativa(s)*, esta foi observada em todas as aulas (gráfico 1), tendo ocorrido com maior frequência nas aulas 2, 5, 6, 7 e 10. Ressaltamos que nas aulas 2, 5, 6 e 7 os alunos haviam realizado atividades experimentais, a partir das quais eles: investigaram fenômenos (combustão de uma vela, reações endotérmica e exotérmica e reações em equilíbrio químico); se envolveram na análise de dados; e formularam conclusões ou hipóteses sobre os fenômenos observados. Então, de forma geral, nos momentos de discussão sobre os dados e as conclusões/hipóteses criadas, a professora solicitou que os alunos justificassem as relações estabelecidas por eles entre as evidências apresentadas e a conclusão ou hipótese formulada. Por exemplo, na aula 7, Fernanda passou nos grupos mostrando um tubo de ensaio resfriado e um tubo de ensaio em temperatura ambiente, ambos contendo o sistema gasoso $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$. Após todos os grupos terem observado os tubos, a professora perguntou aos alunos o que eles haviam observado e eles disseram que a coloração do gás havia se tornado mais clara. Então, Fernanda perguntou como os alunos interpretavam a mudança de coloração. Vanessa disse que significava que

havia menos gás NO_2 . Diante disso, a professora perguntou o que havia acontecido com o gás, uma vez que ele não havia sido regenerado em nitrato de chumbo.

Neste caso, o fato de a professora ter questionado a aluna sobre o que aconteceu com o gás pode ser considerado uma solicitação de apresentação de justificativa, uma vez que a aluna havia formulado uma conclusão (há menos gás NO_2 , o qual tem coloração castanha) e tinha a evidência (mudança de coloração). Portanto, a intenção da professora era a de que a aluna relacionasse o que havia acontecido com o gás, em nível submicroscópico, de forma que a observação e a conclusão estabelecida pela aluna fossem coerentes.

A ação *apresentar e/ou enfatizar justificativa(s)* foi mobilizada pela professora apenas na aula 9, durante a discussão com o grupo GJ. Jonas relatou à professora que seu grupo estava pensando que os processos de formação do NO_2 e do N_2O_4 ocorriam na mesma velocidade. Então, Fernanda pediu que eles representassem isso utilizando o modelo 3D construído anteriormente por eles. Os alunos demonstraram suas ideias relacionadas aos choques entre as partículas dos gases resultarem no rompimento e formação de novas ligações. Diante disso, a docente ressaltou que essa era uma ideia para explicar o fato de a coloração do sistema permanecer a mesma ou ser uma coloração intermediária quando o sistema está em temperatura ambiente. Embora ela não tenha feito referência direta ao termo justificativa, julgamos que a enfatizou ao destacar para o grupo a possibilidade de utilizar a interpretação deles, representada a partir do modelo 3D, para dar suporte à conclusão de que as reações aconteciam simultaneamente e para justificar a coloração observada.

No gráfico 1, podemos observar que a ação *encorajar a construção de argumento(s) oral(is) e/ou escrito(s)* foi manifestada pela professora nas aulas 2, 4, 6 e 9. Essa ação foi observada nos momentos nos quais a professora solicitou aos alunos que eles elaborassem suas conclusões sobre o problema em discussão. Por exemplo, na aula 9, eles realizaram um teste para investigar a presença de íons cromato no sistema quando este apresentava coloração alaranjada, característica da presença de íons dicromato na solução. A partir desse teste, os alunos constataram a presença de íon cromato no sistema, porque apenas ele era capaz de reagir com a substância utilizada, formando um precipitado. Após a realização do teste, e como a aula estava terminando, Fernanda solicitou que os alunos

pensassem naquela questão, elaborassem uma resposta por escrito e dissessem se o modelo criado na atividade anterior ajudava a pensar nessa nova situação. Frente à solicitação da professora, consideramos que ela encorajou os alunos a construir argumentos escritos porque, durante a aula, os alunos haviam trabalhado com algumas evidências e mobilizado suas justificativas. Assim, eles tinham condições de formular argumentos ou responder à questão proposta pela professora.

A ação *construir argumento(s)* foi manifestada pela professora quando ela reuniu as informações discutidas com a turma e formulou um argumento referente ao caso em discussão, o que foi observado nas aulas 2 e 5. Ao final da aula 2, a professora concluiu que o carvão e a vela apresentavam comportamentos diferentes porque na churrasqueira havia vários pedaços de carvão e o ato de soprar ou abanar a churrasqueira ajudava a fornecer energia de ativação para todos os pedaços de carvão, uma vez que os gases quentes estariam sendo deslocados para outro lugar, fazendo com que os pedaços de carvão pegassem fogo. Em outras palavras, a professora apresentou uma conclusão (o carvão e a vela se comportam de forma diferente ao serem assoprados), a evidência (ao assoprar o carvão ele acende) e a justificativa (na churrasqueira há vários pedaços de carvão e o ato de soprar ou abanar a churrasqueira ajuda a fornecer energia de ativação para todos os pedaços de carvão, visto que há deslocamento dos gases quentes).

Fernanda mobilizou a ação *encorajar a reflexão do(s) aluno(s) sobre seu(s) próprio(s) argumento(s) ou enunciado(s)* nas aulas 3, 6 e 10. Por exemplo, na aula 10, ela sugeriu aos alunos que pensassem se o modelo que eles haviam proposto no experimento envolvendo o sistema $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$ poderia ajudá-los a pensar sobre o novo problema (sistema envolvendo $\text{K}_2\text{CrO}_4/\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), isto é, sobre a existência de íon cromato após a adição excessiva de ácido no sistema. Nesse caso, Fernanda encorajou a reflexão dos alunos sobre seus próprios argumentos ao pedir que eles avaliassem a validade dos argumentos construídos frente às novas evidências.

O gráfico 1 aponta que a professora mobilizou a ação *encorajar a elaboração de teoria(s) alternativa(s)* nas aulas 2 e 9. Em linhas gerais, Kuhn (1991) define a capacidade de elaborar teoria alternativas como a habilidade de um sujeito criar uma nova teoria a partir de um mesmo conjunto de dados. Entretanto, tendo em vista o contexto de sala de aula, no qual

a resposta de um dos alunos pode ser apropriada pelos colegas, podendo inclusive gerar discussões adicionais, consideramos que a professora encorajou os alunos a apresentar teorias alternativas mesmo quando ela questionou toda a turma, e não apenas o sujeito que expressou a ideia em discussão, ou quando ela questionou sobre a possibilidade de haver outras interpretações para as observações, os fenômenos ou as ideias. Por exemplo, na aula 2, ao discutir sobre os experimentos de queima de velas realizados pelos alunos em casa, após ouvir a conclusão de Daniel – a massa inicial da parafina é diferente da massa após a queima da vela – a professora perguntou aos demais alunos se havia outra possibilidade de interpretar esse resultado (diferença de massa) ou, ainda, se alguém tinha interpretado de outra forma. Então, Breno disse que poderia ter sido misturada alguma coisa à parafina que ajudasse a queimá-la, mas que ele estava em dúvida porque antigamente as velas eram feitas de cera e não havia nenhuma substância misturada a ela – ideia claramente diferente da que havia sido explicitada pelo colega.

A ação *solicitar que outro grupo avalie a(s) justificativa(s) ou enunciado(s) apresentada(o)(s) pelo(s) colega(s)* foi observada nas aulas 9 e 10, principalmente nos momentos em que os alunos estavam elaborando suas conclusões sobre os sistemas investigados ($\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$ e $\text{K}_2\text{CrO}_4/\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Por exemplo, na aula 9, a professora questionou os alunos sobre como ocorria a formação de N_2O_4 no sistema. Vanessa justificou a formação de N_2O_4 dizendo que, ao aquecer o nitrato de chumbo, a professora havia fornecido uma grande quantidade de energia ao sistema. Por isso, as moléculas do gás NO_2 passaram a se movimentar com mais energia, a se chocar e, a partir disso, havia a produção de uma pequena quantidade de N_2O_4 . Após ouvir tal justificativa, Fernanda perguntou aos outros alunos se eles estavam de acordo com essa ideia. Nesse caso, o questionamento da professora foi direcionado à avaliação da justificativa apresentada pela aluna porque, naquele momento, era consensual entre os alunos que havia a formação de N_2O_4 (conclusão), algo que eles haviam inferido a partir da mudança de coloração do sistema (evidência).

Observamos a ocorrência da ação *avaliar enunciado(s) apresentado(s) pelo(s) aluno(s)* uma única vez nas aulas 6 e 7. Na aula 6, Douglas, que havia dito que em uma reação química ocorre tanto a absorção quanto a liberação de energia, explicou que, no início, para as ligações se romperem, foi preciso absorver energia, mas que depois a formação das outras

sustâncias levou à liberação de energia. A professora perguntou à Vitória, que acreditava que havia apenas a absorção de energia, se ela estava convencida. A aluna disse que não, que havia ocorrido a absorção de energia porque o frasco havia esfriado. A professora disse que esse era um bom argumento. Embora, Fernanda não tenha feito uma avaliação da refutação da aluna, julgamos que a mesma avaliou o argumento porque ela ressaltou o fato de o mesmo ser adequado para a discussão em questão.

Na aula 7, Fernanda manifestou a ação *avaliar enunciado(s) apresentado(s) pelo(s) aluno(s)* de forma explícita ao solicitar que os alunos avaliassem a hipótese de Daniel. Durante a realização do experimento envolvendo $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$, a professora questionou os alunos sobre o que iria acontecer com o sistema ao colocar o tubo de ensaio que estava na temperatura ambiente em um béquer contendo água gelada. Daniel disse que, ao resfriar o sistema, a reação iria ocorrer no sentido inverso, ou seja, haveria formação de nitrato de chumbo, visto que o nitrato de chumbo se decompõe quando aquecido. Fernanda ressaltou que essa poderia ser uma boa hipótese, mas que diante da informação apresentada por ela no início da aula (após a decomposição do nitrato de chumbo, não é possível a sua regeneração), não era uma hipótese plausível para a situação analisada. Nesse caso, a professora avaliou explicitamente a ideia do aluno e enfatizou a razão pela qual ela não poderia ser considerada adequada para a discussão.

A partir dos exemplos descritos acima e do gráfico 1, podemos afirmar que as ações da professora envolveram, principalmente, o trabalho com evidências e justificativas. A fim de tornar essa conclusão mais clara, construímos o gráfico 2 no qual relacionamos (i) as ações que dizem respeito a evidências (em azul), (ii) as ações associadas diretamente a justificativas (em laranja) – o que envolve as ações *encorajar a apresentação de justificativa(s)* e *apresentar e/ou enfatizar justificativa(s)* –, e (iii) as demais ações que podem ser atribuídas à prática argumentativa (em verde) à frequência com que elas foram observadas em cada uma das aulas.

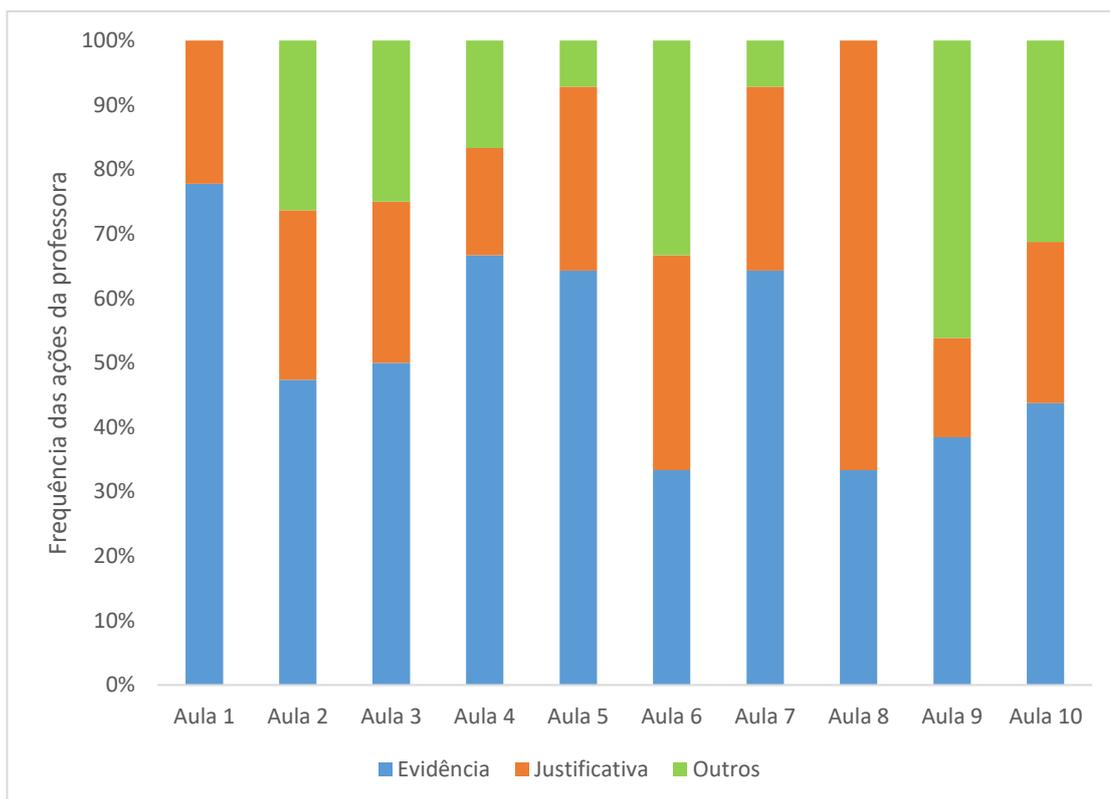


Gráfico 2: Tipos de ações relacionadas ao tema *processo* manifestadas pela professora ao longo das aulas.

O gráfico 2 mostra que:

- nas aulas 1 e 8, a professora manifestou apenas ações relacionadas ao trabalho com evidências e justificativas;
- nas aulas 1, 3, 4, 5 e 7, a mobilização de ações associadas a evidências foi superior ou igual a 50% do total de ações observadas ao longo de cada uma das aulas; e
- em nenhuma aula, ações da professora atreladas ao trabalho com dois dos elementos básicos de um argumento – evidência e justificativa – foi inferior às demais ações desempenhadas pela professora relativas a outros aspectos da prática argumentativa.

Sobre a primeira consideração feita a partir do gráfico 2, ressaltamos que na aula 1, a professora discutiu com os alunos as respostas apresentadas por eles às questões: (i) “*Por que ao soprar uma vela ela se apaga e ao soprar o carvão ele acende?*”; (ii) “*Por que está proibida a venda de álcool concentrado no supermercado?*”; (iii) “*Se na panela de pressão os*

alimentos cozinham mais rápido, por que não cozinhamos todos os alimentos usando panela de pressão?”. Em especial, nessa aula foram discutidas as respostas apresentadas pelos alunos para a primeira questão, sobre a diferença de comportamento entre a vela e o carvão. Nesse primeiro momento, Fernanda se mostrou mais interessada em conhecer as respostas dos alunos para a questão problema e compreender as ‘bases’ da construção dessas respostas. Por isso houve uma ênfase no trabalho com evidências.

Assim como na aula 1, na aula 8, a professora também manifestou apenas ações relacionadas a evidências e justificativas. Porém, nessa aula, ela deu maior ênfase ao trabalho com justificativas, o que representou mais de 60% das ações realizadas por ela. Na aula 7, os alunos haviam realizado uma atividade experimental e discutiram evidências, algumas ideias sobre o fenômeno, e na aula 8 a professora disponibilizou uma grande parte do tempo para que eles trabalhassem em grupo visando a construção dos modelos 3D relacionados ao fenômeno investigado na aula 7. Dessa forma, a maior parte da interação da professora com os alunos aconteceu em discussões com os grupos e estas tinham por objetivo engajar os alunos na construção e apresentação de justificativas, isto é, na interpretação do fenômeno.

Em relação às ações da professora relacionadas a evidências, às quais se relacionam à segunda consideração feita a partir do gráfico 2, destacamos que o fato de estas serem mais frequentes em metade das aulas observadas pode estar associado à realização e/ou discussão de experimentos em muitas delas. Na aula 1, a experimentação foi sugerida pela professora como um recurso para que os alunos coletassem dados, os quais poderiam ser usados para dar suporte às conclusões sobre o processo de queima da vela e sobre a diferença entre o sistema da vela e o sistema do carvão na churrasqueira. Na aula 3, Fernanda utilizou as evidências construídas e utilizadas pelos alunos na aula 2 para concluir sobre a questão problema.

Na aula 4, a professora utilizou a experimentação como uma forma de abordar a discussão sobre reações endotérmicas e exotérmicas, uma vez que trouxe para a sala de aula sistemas envolvendo reações desses tipos e que possibilitavam a ocorrência de observações experimentais como, por exemplo, mudança de aspecto visual do sistema e liberação de odor. Na aula seguinte (aula 5), a professora discutiu com os alunos as observações experimentais

e as evidências construídas a partir delas, além de solicitar que eles apresentassem as evidências que davam suporte às suas conclusões.

Na aula 7, a atividade experimental possibilitou aos alunos observar um novo sistema, diferente dos trabalhados anteriormente, uma vez que ele envolvia uma reação em equilíbrio, o que era diferente das reações estudadas nas aulas anteriores (aulas 4 a 6), e a investigação de suas alterações frente às variações de temperatura. Nesse caso, as observações realizadas a partir do experimento foram utilizadas para ajudar os alunos a construir seus modelos visando explicar o que havia ocorrido no experimento. Ressaltamos que a aula 9 envolveu um experimento similar ao da aula 7, porém nela não observamos a supremacia do trabalho com evidências, possivelmente porque os alunos estavam relacionando os modelos criados previamente com a nova situação problema, isto é, estavam testando ou avaliando seus modelos.

No que diz respeito à última consideração feita a partir do gráfico 2, ressaltamos que o fato de a professora ter manifestado, ao longo das aulas, mais ações relacionadas aos elementos básicos de um argumento – evidência e justificativa – pode estar relacionado à preocupação da mesma com a construção do conhecimento científico pelos alunos.

Diante dessas considerações, mais uma vez, destacamos que o trabalho com experimentação favoreceu a mobilização de ações relativas ao processo argumentativo uma vez que este aconteceu de forma investigativa. Em linhas gerais, isto implica na ocorrência de coleta de dados e observações, além de envolver uma situação na qual a explicação é desconhecida aos alunos (Caamaño, 2003; Carvalho, 2013). Dessa forma, o trabalho envolvendo experimentação na perspectiva investigativa nas diferentes sequências de ensino resultou no fato de os alunos precisarem elaborar argumentos e/ou explicações sobre o que observaram, ou seja, eles precisaram trabalhar com as evidências e justificativas na construção de seus argumentos, e isso foi incitado pela professora a partir de suas ações.

A análise mais detalhada apresentada no gráfico 1, as discussões subsidiadas pelo gráfico 2, e os objetivos da argumentação apresentados por Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008) nos permitem dividir as ações manifestadas pela professora de duas formas (explicitadas no quadro 3): ações que enfatizam o processo de justificar e avaliar as afirmativas

de conhecimento à luz das evidências e ações que enfatizam o processo de persuasão. Salientamos que, no quadro 3, apresentamos apenas as ações da professora que solicitavam que os alunos desempenhassem uma função porque consideramos que elas estão relacionadas às oportunidades criadas pela professora para que eles trabalhassem com os diferentes objetivos da prática argumentativa. Essas ações são aquelas apresentadas no gráfico 1 por preenchimento sólido.

Essa divisão nos permitiu compreender a ênfase dada pela professora ao trabalho com argumentação durante o processo de ensino de conteúdos científicos curriculares envolvendo argumentação. Por exemplo, nas aulas 1 e 8, todas as ações manifestadas pela professora dizem respeito a algum aspecto da estrutura de um argumento, ou seja, em nenhum momento dessas aulas, a professora manifestou ações que solicitassem o embate de ideias por parte dos alunos. Em outras palavras, nessas aulas, Fernanda não realizou ações que envolvessem os alunos no processo de persuasão de uma audiência.

Ações que enfatizam o processo de justificar e avaliar as afirmativas de conhecimento científico	Encorajar a realização de uma investigação com o objetivo de coletar dado(s) que pode(m) ser usado(s) como evidência.
	Engajar o(s) aluno(s) no processo de análise de dado(s) tendo em vista a construção de evidência(s).
	Solicitar a apresentação de evidência(s) para dar suporte a uma ideia expressa em um enunciado.
	Encorajar a apresentação de justificativa(s).
	Encorajar a construção de argumento(s) orais e/ou escritos.
	Encorajar a reflexão do(s) aluno(s) sobre seu(s) próprio(s) argumento(s) ou enunciado(s).
Ações que enfatizam o processo de persuasão de uma audiência	Solicitar a avaliação da(s) evidência(s) usada(s), ou possível(is) de ser(em) usada(s), para dar suporte a uma ideia expressa em um enunciado.
	Encorajar a elaboração de teoria(s) alternativa(s).
	Solicitar que outro grupo avalie a(s) justificativa(s) ou enunciados(s) apresentada(o)(s) pelo(s) colega(s).

Quadro 3: Ações manifestadas pela professora relativas ao tema processo e suas contribuições para o trabalho com argumentação em sala de aula.

Pensar a argumentação como persuasão de uma audiência implica em considerar, além do processo de construção dos argumentos, as interações entre os sujeitos, nas quais a

intenção de um deles é convencer o outro sobre uma afirmativa em particular (Jiménez-Aleixandre e Erduran, 2008). Em outras palavras, no processo argumentativo visando a persuasão, os participantes devem tanto defender seu ponto de vista quanto discutir com os pares os diferentes pontos de vistas visando persuadi-los (Van Eemeren *et al.*, 1996; Berland e Reiser, 2010; Nielsen, 2013).

Baseado no quadro 3, construímos o gráfico 3, no qual são expressos os resultados correspondentes a ênfases dada pela professora em cada aula.

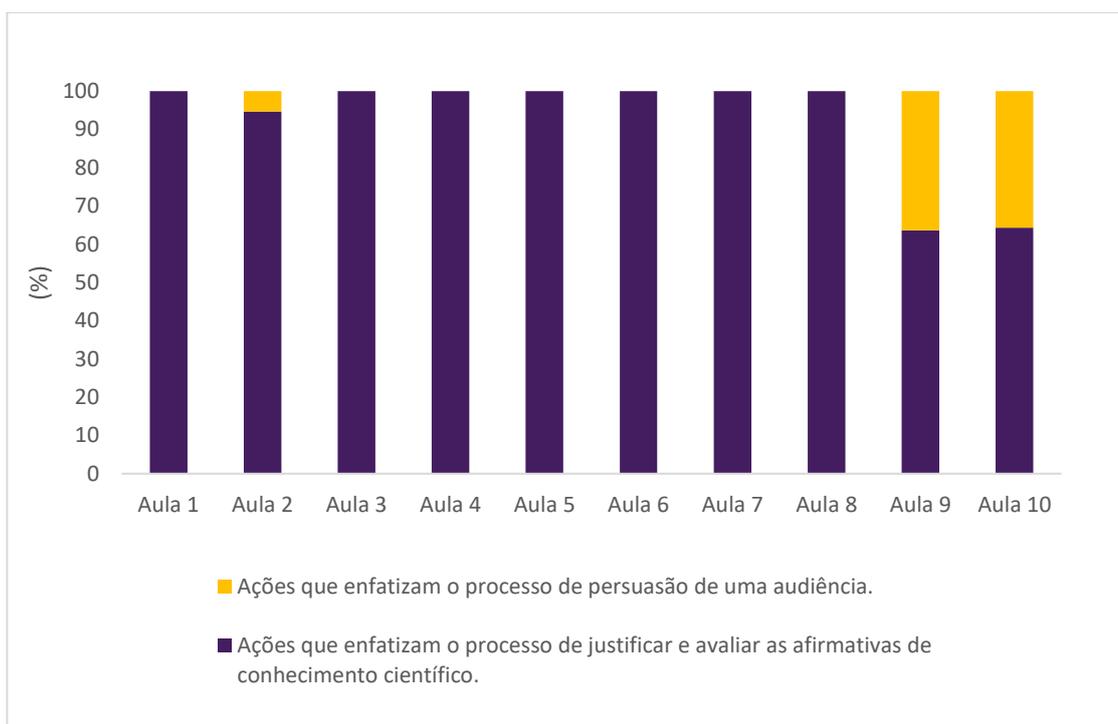


Gráfico 3: Ênfase das ações manifestadas pela professora relativas ao tema *processo*.

O gráfico 3 aponta que nas aulas 2, 9 e 10 a professora enfatizou a persuasão a partir de suas ações. Entretanto, salientamos que a professora não tinha conhecimentos formais sobre a prática argumentativa antes do início dessa pesquisa. As aulas 1 a 3 foram conduzidas pela mesma sem uma intenção explícita de envolver os alunos em argumentação. Porém, o fato de ela ter experiência em trabalhar na perspectiva investigativa, algo que havia sido relato na primeira entrevista (e era de nosso conhecimento), justificaria o trabalho com evidências e justificativas nas aulas iniciais (gráficos 1 e 2). Antes da aula 4, a professora participou de uma conversa com a pesquisadora sobre o significado atribuído à argumentação e sobre o papel da argumentação na sala de aula. Entretanto, durante a conversa ela relatou

que não estava segura para, ou mesmo tinha a intenção de, trabalhar explicitamente com argumentação nessas aulas, pois elas já estavam preparadas e tinham objetivos já definidos.

A falta de conhecimento relativo à prática argumentativa ou intenção explícita de envolver argumentação nas aulas por parte da professora podem justificar o fato de a mesma quase não ter enfatizado a persuasão durante o trabalho com argumentação. Entretanto, reconhecemos que a professora estava vivenciando discussões sobre argumentação e ministrando as aulas ao mesmo tempo, o que pode ter contribuído para que ela tivesse dificuldades em mobilizar outras ações relativas à prática argumentativa que fossem diferentes daquelas envolvidas no trabalho de justificar e avaliar as afirmativas de conhecimento frente às evidências disponíveis – algo que pode ser considerado próximo de sua prática docente devido à sua experiência em trabalhar com atividades investigativas. Entretanto, reconhecemos que o pouco tempo disponível para a realização das discussões sobre o conteúdo científico curricular, uma vez que as aulas tinham duração de aproximadamente 50 minutos, também pode ter contribuído para que a professora tenha enfatizado mais a construção do conhecimento a partir do trabalho com evidências e justificativas.

Apenas nas últimas aulas, a professora demonstrou que tinha intenção de envolver os alunos na prática argumentativa porque considerava que a estratégia de modelagem favoreceria isso. Essa intenção da professora pode ser evidenciada pela forma como ela introduziu as aulas nas quais os alunos iriam discutir os modelos propostos. Por exemplo, na aula 10, na qual os alunos discutiriam os modelos propostos a partir do experimento envolvendo K_2CrO_4 / $K_2Cr_2O_7$, Fernanda introduziu a discussão dizendo:

...Nós vamos dar uma olhada nos modelos, o que foi produzido, o que que tem de consenso, o que que tem de diferente... é isso que a gente vai fazer agora. Então, é muito importante tanto vocês desenvolverem suas ideias quanto prestarem muita atenção no que os colegas estão falando, para a gente conseguir identificar diferenças e semelhanças. Está bem? Eu vou pedir para vocês irem criticando, comparando com o de vocês. Então, tem que prestar muita atenção no modelo dos colegas.

Além da intenção da professora, consideramos que os fatos de a mesma ter tido oportunidade de discutir sobre argumentação e refletir sobre a sua prática e a perspectiva

envolvendo argumentação²⁵ podem ter contribuído para que mesma manifestasse outras ações favoráveis à argumentação que não fossem apenas relacionadas ao trabalho com evidências e justificativas. Por exemplo, nas aulas 9 e 10, a professora manifestou a ação *solicitar que outro grupo avalie a(s) justificativa(s) ou enunciados(s) apresentada(o)(s) pelo(s) colega(s)*, a qual poderia contribuir para que os alunos se engajassem no processo de persuasão. Ressaltamos também que, durante a entrevista final, a professora relatou que considerava que seus conhecimentos para trabalhar com argumentação estavam em processo de desenvolvimento, e que cada oportunidade de os mobilizar fazia com que ela se sentisse mais segura e apta a envolver os alunos em um ambiente argumentativo. Por isso consideramos que nas aulas finais a professora poderia estar se sentindo mais à vontade para trabalhar com a argumentação em sua sala de aula.

Outra hipótese para explicar a ênfase no processo de persuasão nas duas últimas aulas está relacionada à estratégia de ensino utilizada pela professora: o ensino fundamentado em modelagem. Em linhas gerais, modelagem é a denominação dada aos processos de produção, expressão, teste, reformulação, avaliação e comunicação de modelos (Gilbert e Justi, 2016). Assim como a argumentação, a modelagem é uma prática autêntica da ciência, uma vez que os cientistas constroem modelos para expressar seu pensamento, produzir conhecimento, comunicar seus resultados etc. Além disso, tendo em vista as etapas envolvidas no processo de modelagem, podemos afirmar que este é, por essência, um processo argumentativo, visto a necessidade de avaliar os dados, justificar a escolha dos modos de representação, avaliar a consistência do modelo frente aos dados etc. (Mendonça e Justi, 2013a; Justi, 2015).

Autores que têm investigado a relação entre modelagem e argumentação no ensino de ciências (como, por exemplo, Mendonça e Justi, 2013a; Svoboda e Passmore, 2013), têm destacado que as atividades de modelagem favorecem o desenvolvimento da argumentação em sala de aula mesmo nas situações em que não há o ensino explícito de argumentação. Nesses casos, a argumentação desenvolvida é decorrente do uso da

²⁵ Durante o momento de discussão com a professora, buscamos discutir os aspectos de argumentação a partir de algumas de suas ações que potencialmente poderiam contribuir para o desenvolvimento da prática argumentativa em sala de aula.

modelagem como estratégia de ensino porque esta implica no fato de os alunos terem que trabalhar com evidências, avaliar modelos, refutar modelos diferentes dos que eles mesmos defendem etc. Portanto, há possibilidade de ocorrer situações argumentativas em todos os momentos do processo de modelagem.

Ressaltamos que, apesar de esta ser uma hipótese plausível, poderia ser considerada mais frágil do que as demais tendo em vista que pesquisas que têm investigado a relação entre o trabalho do professor, o material instrucional e o desenvolvimento da argumentação de alunos (por exemplo, McNeill e Pimentel, 2010; McNeill *et al.*, 2017) apontam que apenas o material instrucional não é suficiente para garantir o envolvimento dos alunos no processo argumentativo, uma vez que o professor pode continuar enfatizando apenas a construção dos argumentos.

Entretanto, considerando o conhecimento da professora sobre ensino fundamentado em modelagem, suas muitas experiências prévias em trabalhar com atividades de modelagem e os fatos de ela compreender o significado de modelagem e que modelagem é uma prática epistêmica da ciência – algo que foi declarado por ela nas entrevistas inicial e final –, podem ter contribuído de forma mais intensa para seu reconhecimento sobre a importância de os alunos contraporem seus modelos e discutirem a validade de cada um deles – o que resultou na manifestação de ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação relacionadas à persuasão.

Essa nossa consideração é sustentada por um raciocínio análogo ao feito por McNeill e colaboradores sobre os fatores que contribuem para que um professor trabalhe com a prática argumentativa em sala de aula (McNeill *et al.*, 2017). Segundo estes autores, o fato de os professores entenderem a argumentação com uma prática epistêmica influencia a forma como eles trabalham com argumentação em sala de aula, por exemplo, visando as discussões sobre os aspectos epistêmicos ou apenas o ensino dos conceitos dos elementos estruturais. A partir disso, nos parece plausível pensar que o fato de a professora compreender a dimensão epistêmica da modelagem contribuiu para que ela favorecesse o processo argumentativo inerente a esta prática.

5.1.2 Estrutura

A partir da análise dos eventos ocorridos em todas as 10 aulas apresentamos, no gráfico 4, todas as ações manifestadas pela professora associadas ao tema *estrutura* e o número de vezes que cada uma das ações foi observada por nós. Relembramos que no gráfico 4, as ações da professora são separadas de duas formas: ações que implicam diretamente na realização de uma ação do aluno (representadas por preenchimento sólido) e ações que não demandam uma ação do aluno (representadas pelo uso de hachura).

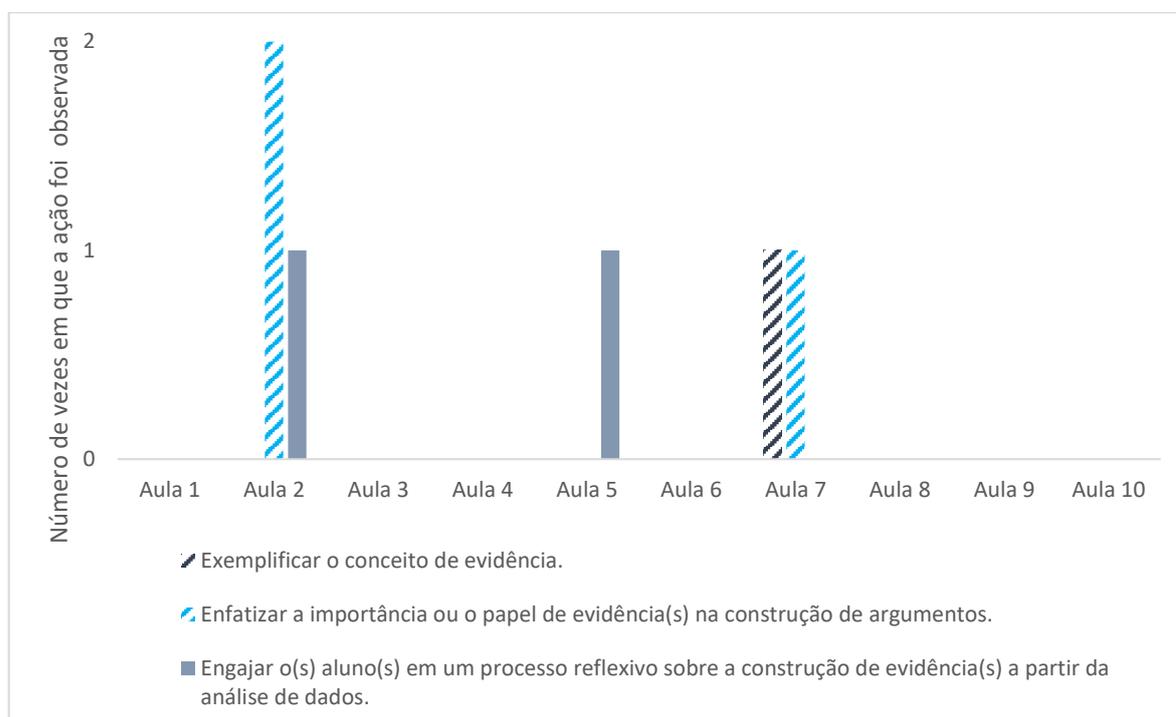


Gráfico 4: Ações manifestadas pela professora relacionadas ao tema *estrutura* ao longo das aulas.

No gráfico 4, podemos observar que a professora manifestou 3 dos 13 tipos de ações associadas ao tema *estrutura*.

A ação *exemplificar o conceito de evidência* foi observada na aula 7, durante a discussão entre a professora e o grupo GM sobre o experimento envolvendo o sistema $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$. Após a realização do procedimento experimental – em um béquer com água gelada, colocar o tubo contendo NO_2 em temperatura ambiente – e das discussões nos grupos, Marcela relatou à professora que a ideia deles era a de que ao resfriar o sistema havia formação do N_2O_4 . Fernanda questionou o grupo sobre quais espécies estavam presentes no

tubo naquele momento. Como todos disseram que havia apenas N_2O_4 , a professora os indagou sobre a coloração do gás presente no tubo e, a partir disso, um dos alunos concluiu que ainda existia NO_2 no sistema porque o gás ainda apresentava uma coloração castanha, que é característica do gás NO_2 . Frente a isso, a professora disse que a evidência era a coloração, porque ela mostrava que havia presença de NO_2 , que tem coloração castanha. Portanto, nesse momento, a professora utilizou o dado (coloração do gás) como um exemplo de o que seria uma evidência para a afirmativa apresentada por eles: há gás NO_2 no tubo após o resfriamento do sistema.

A ação *ênfatizar a importância ou o papel de evidência(s) na construção de argumentos* foi manifestada pela professora nas aulas 2 e 7. Salientamos que em ambas as aulas a professora trabalhou com os alunos a construção do conhecimento científico a partir de uma atividade experimental, queima de velas diferentes e reação entre NO_2/N_2O_4 , respectivamente. Nesses contextos, a professora manifestou a ação nos momentos em que chamou a atenção para uma evidência, destacando que ela dava suporte a uma afirmativa. Por exemplo, no início da aula 7, Fernanda apresentou aos alunos o tubo de ensaio contendo NO_2/N_2O_4 e questionou a turma sobre qual era o estado físico da substância presente no sistema. Os alunos disseram que se tratava de um gás e a professora perguntou quais eram as evidências que eles podiam apresentar para provar que aquela substância era um gás. Ressaltamos que nesse momento a professora manifestou esta ação e a de *solicitar a apresentação de evidência(s) para dar suporte a uma ideia expressa em um enunciado*. Consideramos que houve a ênfase no papel das evidências porque além de solicitar a apresentação de evidência, a professora chamou a atenção para a sua função: dar suporte, ‘provar’, algo.

O gráfico 4 mostra que apenas uma das ações observadas demandava uma ação direta dos alunos. A ação *engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a construção de evidência(s) a partir da análise de dados* foi manifestada pela professora nas aulas 2 e 5. Assim como as aulas 2 e 7, a aula 5 também envolveu a discussão dos resultados experimentais visando a construção de conhecimento científico curricular e, por isso, essas aulas podem ter contribuído para as discussões sobre evidência na dimensão conceitual. Por exemplo, na aula 2, Daniel relatou o experimento que havia feito em casa queimando duas

velas de tamanhos diferentes. Além disso, ele disse que havia colocado uma das velas na chama do fogão e que observou a ocorrência de labaredas. Frente a isso, Fernanda questionou a turma se o experimento feito por Daniel e a observação relatada poderia ser uma evidência para a afirmativa de que há queima da parafina durante a combustão da vela. Julgamos que o questionamento da professora demandava um processo reflexivo dos alunos porque, para respondê-lo, eles precisariam pensar sobre o que significa uma evidência, que tipo de dado pode ser usado como evidência e como aquele dado apresentado por Daniel poderia representar uma evidência para a questão: a parafina é um combustível na vela?

Tendo em vista o alto número de tipos de ações que não foram observadas, e a fim de facilitar as discussões e percepção do leitor sobre as mesmas, organizamos todas as ações relacionadas ao tema *estrutura* em quatro categorias maiores, conforme apresentado no quadro 4. Isto possibilita discutir a não manifestação das ações de forma mais ampla.

Categorias amplas	Ações relacionadas à categoria
Evidência	Definir o conceito de evidência.
	Exemplificar o conceito de evidência.
	Enfatizar a importância ou o papel de evidência(s) na construção de argumentos.
	Engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a construção de evidência(s) a partir da análise de dados.
Justificativa	Definir o conceito de justificativa.
	Exemplificar o conceito de justificativa.
Argumento	Definir o conceito argumento.
	Exemplificar o conceito de argumento.
Capacidades argumentativas	Definir o conceito de teoria alternativa.
	Exemplificar o conceito de teoria alternativa.
	Definir o conceito de contra-argumento.
	Exemplificar o conceito de contra-argumento.
	Definir o conceito de refutação.
	Exemplificar o conceito de refutação.

Quadro 4: Ações relacionadas ao tema *estrutura* alocadas em categorias amplas.

O gráfico 4 e o quadro 4 mostram que, em termos de *estrutura*, Fernanda manifestou apenas ações relacionadas à categoria *evidência*, ou seja, durante as 10 aulas

analisadas, a professora não discutiu com os alunos aspectos conceituais relacionados às *justificativas, argumento, e capacidades argumentativa*.

Destacamos que as ações que dizem respeito ao tema *estrutura* se referem as ações relacionadas ao ensino explícito de argumentação na dimensão conceitual, o que significa tanto ensinar aos alunos os elementos básicos de um argumento quanto o significado das capacidades argumentativas. Salientamos que o ensino de argumentação na dimensão conceitual não significa um ensino declarativo dos conceitos relativos à argumentação, isto é, os alunos aprenderem apenas a definir cada um dos termos associados à prática argumentativa como, por exemplo, definir o que é um contra-argumento. Consideramos que ter conhecimentos na dimensão conceitual, o que representa entender sobre os elementos no processo argumentativo, é importante para que os alunos possam compreender a função dos mesmos e possam utilizá-los ao se engajarem em processos argumentativos.

O fato de não termos observado uma ênfase por parte da professora nas discussões conceituais sobre argumentação é coerente com o que foi relatado pela mesma tanto quando ela discutiu com a pesquisadora sobre aspectos relativos à argumentação quanto na entrevista final. Em ambos os momentos, Fernanda relatou que estava se apropriando dessa nova perspectiva de ensino; e refletindo sobre a dinâmica de sua sala de aula frente ao desafio de promover mais situações argumentativas no ensino. Ou seja, durante o período em que estávamos acompanhando a professora, ela estava desenvolvendo seus conhecimentos relativos à argumentação e isto pode ter contribuído para que ela não se sentisse confortável ou apta a ensinar aspectos conceituais relativos à argumentação.

Outro fator que pode ter influenciado o trabalho com argumentação na dimensão conceitual diz respeito à crença da professora sobre o que ela considerava importante que aqueles alunos aprendessem em relação à argumentação. Durante a entrevista final, Fernanda disse que considerava importante que os alunos entendessem como se constrói um argumento em termos de(a): coerência entre evidências e justificativas, validade das evidências, especificidade das evidências e confiabilidade de um argumento; e que aprendessem a argumentar a partir de situações práticas.

Naquela ocasião, Fernanda ainda enfatizou que não considerava importante os alunos aprenderem os conceitos em si e que isso tinha valor para quem pensava na argumentação do ponto de vista analítico como, por exemplo, os pesquisadores que investigam os argumentos produzidos pelos alunos ou as situações argumentativas vivenciadas por eles. Ou seja, segundo a professora, para os alunos o importante era aprender a lidar com os dados, a refutar ideias, a reconhecer a validade de teorias alternativas. Mas, para isso, eles não precisariam aprender o conceito de cada um desses elementos. Por exemplo, de acordo com Fernanda, para um aluno não é significativo entender a diferença entre dados e evidências, pois ele pode utilizar o mesmo termo para se referir às duas coisas; o importante é que ele saiba selecionar um dado para sustentar seu posicionamento e, ainda, justificar porque esse dado é capaz de dar suporte ao seu posicionamento.

Ao discutir sobre conhecimento processual, Osborne (2016) ressalta a diferença entre conhecimentos processuais e habilidades processuais. Nesse momento, damos atenção apenas à ideia de habilidades processuais, porque essa nos ajuda a entender a forma de trabalho da professora com argumentação na dimensão estrutural. Segundo Black (1990 apud Osborne, 2016), as habilidades processuais estariam no campo dos conhecimentos tácitos, e não envolveriam uma reflexão sobre os conhecimentos conceituais, ou a articulação de conhecimentos conceituais e processuais.

Tecendo um paralelo entre as habilidades processuais e a visão sobre o ensino de argumentação explicitada pela professora, é possível inferir que a mesma estava inclinada a conceber o ensino de argumentação nas salas de ciências na perspectiva de desenvolvimento de habilidades. Em outras palavras, parece que Fernanda considerava mais importante dar aos alunos oportunidades de se envolver em situações argumentativas do que engajá-los em discussões sobre o entendimento conceitual da argumentação – atitude coerente com a condução de uma situação regular de ensino no nível médio.

Destacamos que essa visão sobre o desenvolvimento das habilidades argumentativas no ensino foi bastante enfatizada frente às ideias de aprender para argumentar e argumentar para aprender (Schwarz *et al.*, 2009). Aprender para argumentar significa adquirir habilidades gerais tais como justificar, refutar etc. (Andriessen *et al.*, 2003). Por outro lado, argumentar para aprender geralmente está relacionado a alcançar uma meta

educacional por meio da argumentação como, por exemplo, a aprendizagem conceitual. Nesse sentido, considera-se que é importante que os alunos saibam lidar com os dados, apresentar justificativas, para que assim possam, por exemplo, construir argumentos. Além disso, o domínio dos conceitos, isto é, os aspectos específicos de uma área de conhecimento sobre a qual se argumenta, é fundamental para que os alunos saibam selecionar evidências, apresentar justificativas coerentes etc.

Diante disso, ressaltamos a validade da intenção da professora em trabalhar com argumentação na perspectiva de favorecer o desenvolvimento das habilidades argumentativas dos alunos. Como salientado no capítulo 2, para que os alunos possam se engajar nas discussões que envolvem aspectos relacionados a ciências que ocorrem na sociedade, eles precisam de outros conhecimentos em relação à argumentação que vão além da dimensão conceitual da mesma. Porém, reconhecemos a importância de os alunos aprenderem alguns aspectos relativos à argumentação para que possam compreender o papel da mesma na ciência. Por exemplo, o fato de um cientista elaborar um contra-argumento significa que o mesmo é capaz de perceber limitações em suas proposições e permite que ele antecipe possíveis refutações – algo muito presente na etapa de produção do conhecimento. Por outro lado, a elaboração de refutação está presente nos momentos de apresentação, validação e legitimação das proposições, porque nesses momentos os cientistas precisam invalidar proposições contrárias às suas ou ressaltar a validade e pertinência de sua proposição à luz das evidências disponíveis. Por isso, é importante que os alunos compreendam o significado das duas capacidades argumentativas, para que possam reconhecer a função de cada uma delas na prática argumentativa desenvolvida na ciência.

5.1.3 Função

Considerando a análise dos eventos ocorridos em todas as aulas, apresentamos, no gráfico 5, todas as ações manifestadas pela professora associadas ao tema *função* e o número de vezes que cada uma das ações foi identificada por nós. O gráfico 5 mostra que a professora manifestou dois dos sete tipos de ações relativas ao tema *função* e que tais ações foram observadas uma vez nas aulas 1 e 10.

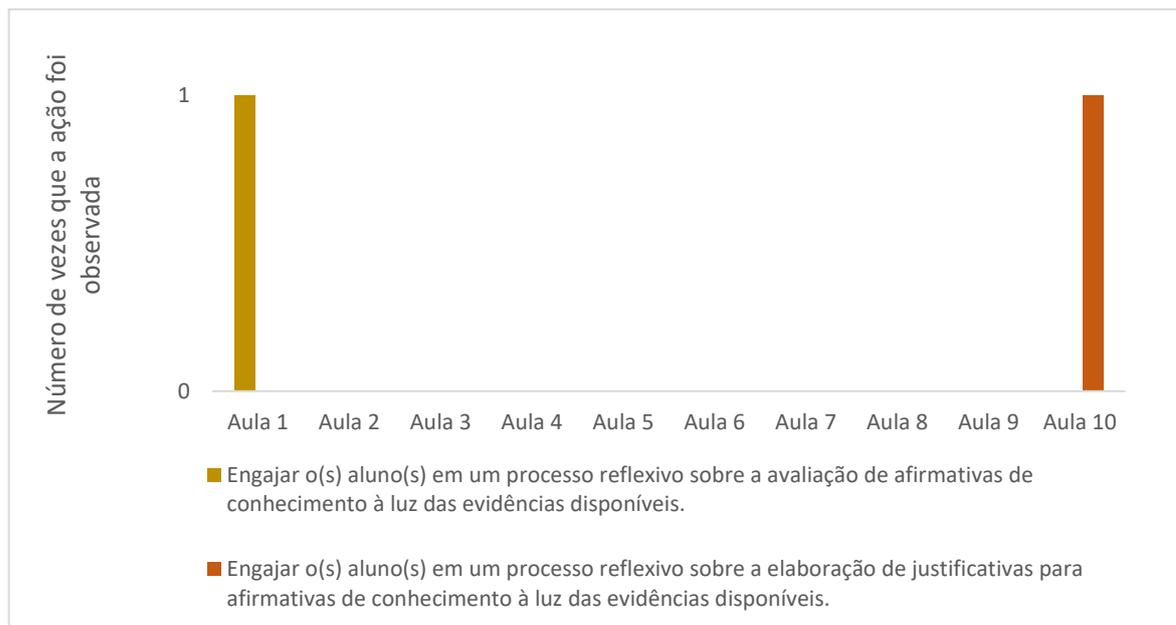


Gráfico 5: Ações manifestadas pela professora em relação ao tema *função* ao longo das aulas.

A ação *engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a avaliação de afirmativas de conhecimento à luz das evidências disponíveis* foi observada na aula 1 quando a professora ressaltou o fato de os alunos não estarem chegando a uma conclusão sobre o papel da parafina na queima de uma vela. Nesse momento, Fernanda solicitou que eles realizassem um experimento em casa para que pudessem chegar a alguma conclusão. Consideramos que essa ação da professora pode ser assim classificada porque, ao enfatizar que os alunos precisariam de evidências para chegar a uma conclusão sobre o papel da parafina, Fernanda, mesmo que de forma implícita, levou os alunos a refletir sobre a importância das evidências para a construção das conclusões. Ou seja, o fato de a professora ter ressaltado que o experimento e os dados coletados a partir dele dariam suporte para que os alunos analisassem as duas posições existentes sobre o papel da parafina – função estrutural, manter o pavio em pé, ou combustível, ser um reagente na reação de combustão da vela – muito provavelmente induziu uma reflexão sobre a necessidade de avaliar as afirmativas à luz das evidências, ou seja, contribuiu para que os alunos pensassem que não poderiam avaliar as duas alternativas sem terem dados para isso.

A ação *engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a elaboração de justificativas para afirmativas de conhecimento à luz das evidências disponíveis* foi manifestada pela professora na última aula (aula 10). Durante a discussão com o grupo GJ,

Fernanda questionou se eles acreditavam que as reações investigadas aconteciam ao mesmo tempo (isto é, se havia formação de ambas as espécies) ou se eles acreditavam que acontecia a formação de uma espécie e, apenas quando esse processo terminasse, haveria a formação da outra espécie. Um dos alunos disse que acreditava que o processo acontecia simultaneamente porque, se houvesse a formação de apenas uma das espécies, haveria uma alteração na concentração e na coloração do sistema (ora o sistema seria amarelo devido à formação do íon cromato, ora ele seria alaranjado por causa da formação do íon dicromato). Na sequência, a professora questionou se essa era uma boa justificativa para a afirmativa de que o processo investigado por eles não acontecia em etapas. Ao levantar tal questionamento, Fernanda envolveu os alunos em um processo reflexivo relacionado à justificativa porque eles tiveram que pensar sobre a evidência (não alteração constante de cor no sistema) e sobre como ela poderia ser usada para dar suporte à conclusão (a reação não ocorre em etapas).

Em um primeiro momento, o evento descrito acima e a ação da professora poderiam ser pensados como *solicitar que outro grupo avalie a(s) justificativa(s) ou enunciado(s) apresentada(o)(s) pelo(s) colega(s)*. Porém, nesse caso, a professora questionou o próprio grupo sobre a validade da justificativa apresentada, o que direcionou os alunos a refletir sobre a coerência entre a conclusão, as evidências e a justificativa proposta. Portanto, mais do que avaliar a justificativa em si, os alunos precisavam pensar sobre o processo de justificar suas conclusões. Além disso, o fato de essa discussão ter ocorrido em um grupo, impossibilitaria a classificação como uma ação relacionada ao tema *processo*, porque não houve a socialização dessa resposta com toda a turma, e apesar de ser possível haver ideias diferentes no contexto de um grupo, naquele momento, a justificativa apresentada por um dos alunos representava a ideia do grupo. Dessa forma, o fato de a professora questionar se a justificativa era boa, implicou em um processo reflexivo sobre a justificativa construída por eles.

As ações associadas ao tema *função* estão relacionadas ao entendimento das funções da argumentação: justificar ou avaliar afirmativas de conhecimento à luz das evidências disponíveis e persuadir uma audiência. Tais ações, como apontado nos exemplos descritos, envolvem a reflexão sobre algum aspecto relativo à argumentação e, por isso,

consideramos que estas podem ser relacionadas aos conhecimentos epistêmicos no que diz respeito à argumentação.

De acordo com Osborne (2016), os conhecimentos epistêmicos envolvem os conhecimentos sobre as razões para: (i) usar determinada estratégia ou método científico; (ii) aceitar e acreditar nas afirmativas de conhecimento; e (iii) compreender os significados dos termos fundamentais em ciências como, por exemplo, hipótese e teoria. Além disso, o autor enfatiza que o desenvolvimento do conhecimento epistêmico envolve: *“a reflexão sobre o conhecimento das regras, processos e valores que a ciência usa e porquê esses são requeridos”* (Osborne, 2016, p. 221).

Pensando nisso, e estabelecendo relações com a argumentação, julgamos que o conhecimento epistêmico relativo à argumentação possa estar associado às ações que engajem os alunos na reflexão sobre justificativas e avaliação do conhecimento frente às evidências, persuasão de uma audiência e capacidades argumentativas coerentes com os objetivos associados à prática argumentativa. Isto porque consideramos que ações desse tipo contribuem para que, em sala de aula, o professor promova reflexões sobre: (i) o papel da argumentação na ciência; (ii) como justificar e avaliar as afirmativas de conhecimento e a importância disso; (iii) como persuadir uma audiência e a importância disso; e (iv) como construir teorias alternativas, contra-argumentos e refutações.

Os resultados e discussões sobre as ações relacionadas ao tema *função* manifestadas pela professora indicam que a mesma deu menor atenção à dimensão epistêmica da prática argumentativa ao trabalhar com os alunos os conhecimentos científicos curriculares. Assim, parece que, nas aulas observadas não aconteceram discussões sobre ‘como sabemos o que sabemos’, algo que é considerado importante para que os alunos desenvolvam visões mais amplas de ciências (Duschl e Grandy, 2013).

5.1.4 Suporte

A análise dos eventos ocorridos em todas as 10 aulas subsidiou a construção do gráfico 6, no qual apresentamos todas as ações manifestadas pela professora associadas ao tema *suporte* e o número de vezes que cada uma das ações foi observada e identificada por nós. Ressaltamos que, assim como nos gráficos 1, 2 e 4, no gráfico 6 todas as ações

manifestadas pela professora que não desencadearam, ou influenciaram diretamente em, uma ação dos alunos, são representadas pelo uso de hachuras. Por outro lado, as ações que implicaram em uma ação dos alunos, ou solicitavam explicitamente que os mesmos realizassem uma ação, são apresentadas usando preenchimento sólido.

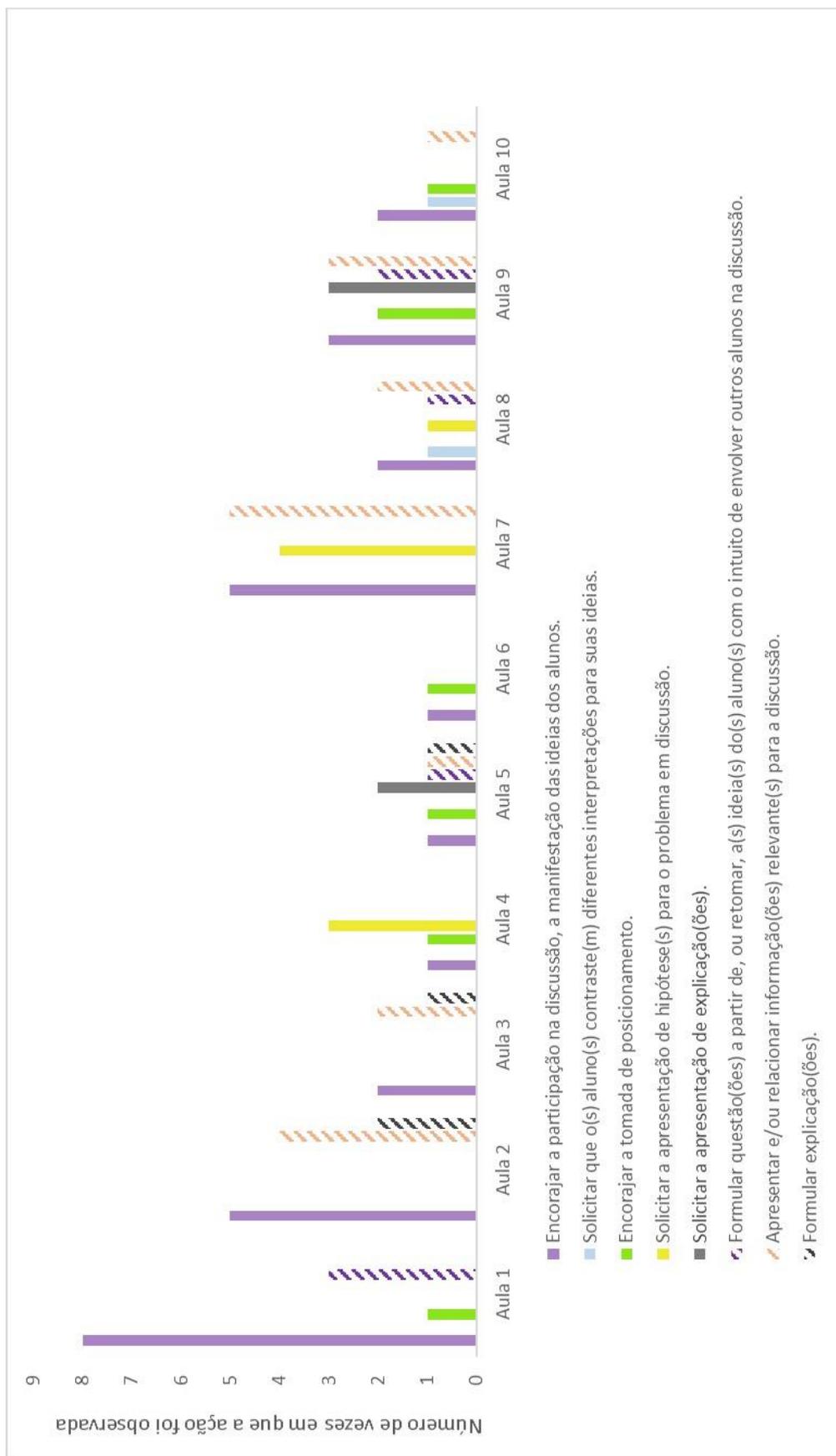


Gráfico 6: Ações manifestadas pela professora relacionadas ao tema *suporte* ao longo das aulas.

No gráfico 6, podemos observar que a professora manifestou oito dos onze tipos de ações associadas ao tema *suporte*. Fernanda não manifestou as ações *apontar diferentes interpretações para a questão problema*, *valorizar diferentes posicionamentos* e *eleger a(s) melhor(es) explicação(ões) para a questão problema*. Destacamos que todas essas ações dizem respeito às ações que são realizadas pela professora, mas que não implicam no comando de uma ação a ser realizada pelos alunos. Por isso, consideramos que o fato de essas ações não terem sido observadas ao longo das 10 aulas pode ter um menor impacto para o processo de ensino envolvendo argumentação no que diz respeito ao envolvimento dos alunos. Em outras palavras, diferentemente das ações apresentadas por preenchimento sólido no gráfico 6, os efeitos das ações desse tipo sobre o envolvimento dos alunos na discussão estão condicionados à maneira como o aluno interpreta a ação da professora. Por exemplo, uma situação na qual a professora valoriza os diferentes posicionamentos pode ser entendida pelo aluno como valorização das possibilidades de respostas adequadas ao problema, ou pode ser desestimulante para o mesmo porque ele pode entender que todas as respostas estão certas indiferentemente das razões que as sustentam e que, por isso, não vale a pena se envolver na discussão.

A ação *encorajar a participação na discussão*, *a manifestação das ideias dos alunos* foi manifestada pela professora em todas as aulas, sendo observada de forma mais expressiva nas aulas 1, 2, 7 e 9. Nessas aulas, a ação foi manifesta no mínimo três vezes e por isso consideramos sua ocorrência como expressiva.

Como evidenciado no gráfico 6, na aula 1, na qual a professora discutiu com os alunos principalmente a questão *“por que ao soprar uma vela ela se apaga e ao soprar o carvão ele acende?”*, houve o maior número de ocorrências da ação *encorajar a participação na discussão*, *a manifestação das ideias dos alunos*. Por exemplo, durante essa aula, um dos alunos apresentou a ideia de que a presença do álcool fazia com que o carvão entrasse em combustão mais rapidamente porque ele era um catalisador da reação. Então, Fernanda perguntou aos alunos o que era um catalisador. Nesse caso, consideramos que a professora tinha a intenção de envolver os demais alunos na discussão a partir da manifestação de suas ideias sobre catalisador. Com este questionamento, Fernanda buscou não só conhecer as ideias dos alunos sobre catalisador, mas também entender a relação estabelecida por eles

entre a ação de um catalisador em um sistema e o papel do álcool no sistema discutido: a combustão do carvão. Em outras palavras, a professora não tinha a intenção de avaliar os conhecimentos dos alunos sobre catalisadores, algo que foi discutido na aula 3, mas de ter acesso às ideias dos mesmos e entender as relações estabelecidas para que fosse possível discutir o papel do álcool como um combustível no sistema.

A ação *solicitar que o(s) aluno(s) contraste(m) diferentes interpretações para suas ideias* foi manifestada nas aulas 8 e 10 e, em ambas as aulas, ela foi observada uma vez. Na aula 8, os alunos apresentaram e discutiram os modelos propostos para o sistema $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$ e, na aula 10, eles apresentaram e discutiram os modelos construídos para o explicar o sistema $\text{K}_2\text{CrO}_4/\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Fernanda manifestou a ação nos momentos em que orientou os alunos sobre a apresentação dos modelos. Nesses momentos, ela solicitou aos alunos que comparassem os modelos construídos pelos colegas com o modelo construído pelo seu grupo, buscando observar o que havia de diferente, o que havia de similar, e identificando o que eles acrescentariam no modelo dos colegas.

O gráfico 6 aponta que a ação *encorajar a tomada de posicionamento* foi manifestada pela professora nas aulas 1, 4, 5, 6, 9 e 10 e, com exceção da aula 9, em todas as demais essa ação foi observada uma vez. De forma geral, a professora encorajou os alunos a se posicionar frente à possibilidade de existirem diversas respostas para os fenômenos investigados, sendo a maneira como os alunos se posicionavam um indício do entendimento dos mesmos sobre os conceitos em discussão. Por exemplo, nas aulas 4, 5 e 6, todos os momentos em que a professora encorajou os alunos a assumir uma posição envolviam, respectivamente, os conceitos de reações químicas, aspectos energéticos associados às reações químicas e o trabalho com dados (alteração de temperatura no sistema e mudança de estado físico das espécies envolvidas nas reações). Por exemplo, na aula 6, os alunos e a professora estavam discutindo sobre o experimento envolvendo dióxido de bário ($\text{Ba}(\text{OH})_2$) e tiocianato de amônio (NH_4SCN) e ela questionou se havia ocorrido a absorção ou liberação de energia no processo observado, ou seja, Fernanda pediu que os alunos se posicionassem dizendo se consideravam a reação endotérmica ou exotérmica. Parte dos alunos optou pela absorção de energia e outra parte pela liberação de energia. A diversidade das respostas dos alunos foi um indício de que, apesar das discussões ao longo das aulas, não havia consenso na

turma e, ainda, que parte da turma não havia entendido a questão que deu origem a discussão (“*para onde vai a energia do sistema?*”), visto que nesse caso há um abaixamento da temperatura e a reação é endotérmica. Consideramos que esses questionamentos da professora exigiam que os alunos se posicionassem frente às discussões ocorridas na sala de aula a partir da escolha de uma das possíveis respostas.

Nas aulas 4, 7 e 8, observamos a manifestação da ação *solicitar a apresentação de hipótese(s) para o problema em discussão*. As aulas 4 e 7 envolveram a realização de atividades experimentais: reações entre Ba(OH)_2 e NH_4SN e entre Al e NaOH ; e entre NO_2 e N_2O_4 , respectivamente. Embora na aula 8 não tenha sido realizada nenhuma atividade experimental, nela ocorreu a continuação das discussões iniciadas a partir da atividade experimental da aula 7. Em alguns momentos das aulas, essa ação estava relacionada ao fato de os alunos preverem o que iria acontecer no experimento. Por exemplo, na aula 7, Fernanda moveu o tubo de ensaio contendo NO_2 que estava em um béquer com água na temperatura ambiente para um béquer contendo água gelada. Imediatamente depois, a professora perguntou aos alunos o que eles achavam que iria acontecer.

Ressaltamos que, em um primeiro momento, esta ação poderia ser classificada como *encorajar a participação na discussão, a manifestação das ideias dos alunos*, uma vez que os alunos poderiam apenas apresentar uma ideia qualquer. Porém, diferenciamos este evento dos anteriores porque entendemos que nele uma hipótese pode ser testada ou, melhor dizendo, investigada, e pode ser aceita ou refutada (Caamaño, 2003). Em contrapartida, a apresentação de ideias está no campo das opiniões, as quais não necessariamente precisam ser testadas ou comprovadas (Van Eemeren *et al.*, 1996; Breton, 2003). Por exemplo, no exemplo citado (ocorrido na aula 7), Daniel elaborou a hipótese de que ao resfriar o sistema iria ocorrer a reação inversa, ou seja, haveria a formação de nitrato de chumbo (espécie cuja decomposição por aquecimento resulta na produção do gás NO_2). A hipótese de Daniel foi abandonada frente à informação apresentada inicialmente pela professora sobre a necessidade de utilizar uma grande quantidade de energia para decompor o nitrato de chumbo.

Em outros momentos, a professora solicitou que os alunos apresentassem hipóteses com a intenção de que eles imaginassem o que havia acontecido no sistema

investigado. Por exemplo, na aula 7, após a professora ter colocado o tubo de ensaio contendo NO_2 em um béquer com água gelada, os alunos observaram que a coloração castanha se tornou mais clara. Então, Fernanda pediu que eles pensassem sobre o que poderia ter acontecido com o gás após ele ter sido resfriado. Esta solicitação envolvia a elaboração de hipóteses porque os alunos não tinham conhecimentos sobre esse tipo de reação. Dessa forma, eles não tinham elementos que pudessem usar para justificar ou explicar o clareamento da cor observada. Além disso, os alunos não poderiam responder de forma aleatória, apenas apresentando uma opinião, pois a resposta precisava ser coerente com o contexto da discussão. Portanto, os alunos precisavam elaborar uma hipótese sobre a influência da temperatura na coloração, considerando seus conhecimentos prévios sobre cinética química, modelo de partículas etc.

A ação *solicitar a apresentação de explicação(ões)* foi manifestada pela professora nas aulas 5 e 9. Em ambas as aulas, os alunos buscaram construir conclusões sobre os fenômenos investigados. Especificamente, na aula 5 eles discutiram as observações experimentais realizadas na aula anterior, enquanto na aula 9 eles discutiram os dados coletados no experimento envolvendo HCl e K_2CrO_4 . A solicitação da professora para que os alunos formassem explicações ocorreu principalmente nos momentos finais destas aulas, quando os alunos estavam tentando formular suas conclusões sobre o experimento. Nesses momentos, além de ouvir as ideias dos alunos, a professora pediu que eles dissessem como estavam pensando ou haviam chegado àquela conclusão, ou seja, ela solicitou que eles expressassem como eles construíram aquelas ideias, ou que as esclarecessem. Por exemplo, na aula 9, que envolveu a discussão sobre o experimento envolvendo os íons CrO_4^{2-} e $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, Jonas perguntou à professora se as velocidades das reações eram iguais. Frente a este questionamento, Fernanda pediu que o aluno explicasse sua ideia utilizando o modelo 3D construído por seu grupo, isto é, que ele dissesse o que entendia por velocidades iguais. Ao agir assim, ela contribuiu para que o próprio aluno chegasse a uma conclusão sobre o ocorrido no experimento.

Entendemos que a ação envolvida no evento descrito acima não pode ser classificada como *solicitar justificativa* ou *encorajar a manifestação de ideias* porque a intenção da professora parece ter sido compreender a ideia do aluno sobre velocidades iguais.

Em outras palavras, a ação da professora não direcionava o aluno a pensar sobre o porquê da taxa de reação ser igual, o que representaria a solicitação de uma justificativa, ou solicitava que o aluno simplesmente apresentasse uma ideia qualquer. Neste evento, a solicitação da explicação – inicialmente verbalmente e, depois, com o auxílio do modelo 3D – visava claramente que o aluno esclarecesse a relação que estava estabelecendo entre o experimento investigado e a possibilidade de a taxa de reação ser igual.

O gráfico 6 aponta que a ação *formular questão(ões) a partir de, ou retomar, a(s) ideia(s) do(s) aluno(s) com o intuito de envolver outros alunos na discussão* foi observada nas aulas 1, 5, 8 e 9. Em geral, essa ação foi desempenhada pela professora nos momentos em que os alunos apresentavam alguma ideia, mas esta não era ouvida por toda a turma. Por exemplo, na aula 1, Gustavo disse que ao queimar apenas o barbante, a quantidade de energia produzida era muito menor quando comprada à da queima da vela. Como parte da turma não havia ouvido o que Gustavo disse, a professora retomou a ideia do aluno apresentando-a para toda a turma e perguntou aos demais se eles já haviam queimado apenas o barbante de uma vela, ou seja, se alguma vez eles tinham observado o que Gustavo havia relatado.

Consideramos que essa ação da professora foi importante para que ela conseguisse engajar os alunos nas discussões e, também, para fazer com que eles prestassem atenção nas ideias que estavam sendo apresentadas. O fato de os alunos ouvirem as ideias dos colegas pode possibilitar, por exemplo, a: reflexão sobre a validade dessas ideias; apresentação de ideias alternativas; apresentação de refutações; e análise das evidências apresentadas. Portanto, reconhecemos que o fato de a professora envolver os alunos na discussão a partir da retomada das ideias apresentadas por eles é uma ação essencial para a criação de um ambiente argumentativo em sala de aula visando o processo dialógico envolvendo a persuasão e o trabalho com a crítica, pois, sem isso, os alunos poderiam não dar atenção às ideias dos colegas (Henderson *et al.*, 2018).

Destacamos que tanto a ação *encorajar a participação na discussão, a manifestação das ideias dos alunos* quanto *formular questão(ões) a partir de, ou retomar, a(s) ideia(s) do(s) aluno(s) com o intuito de envolver outros alunos na discussão*, como seus nomes sugerem, têm por objetivo envolver os alunos em uma discussão e, portanto, potencialmente podem contribuir para a ocorrência de situações argumentativas em sala de aula. Entretanto,

a partir de uma análise mais crítica sobre a função dessas ações, percebemos que há uma grande diferença nas contribuições das mesmas no contexto de sala de aula. Embora reconheçamos a importância de a professora solicitar que os alunos apresentem suas ideias, apontamos que pode haver um risco na sequência desta ação. Se os alunos apenas apresentam suas ideias, sem prestar atenção e refletir sobre as ideias dos colegas, os mesmos podem não se engajar nas discussões, visto que podem apenas dar atenção às suas próprias ideias. Com isso, enfatizamos que a ação *encorajar a participação na discussão, a manifestação das ideias dos alunos* é importante para o envolvimento dos alunos nas discussões, mas apontamos que esta deve ser potencializada pela ação *formular questão(ões) a partir de, ou retomar, a(s) ideia(s) do(s) aluno(s) com o intuito de envolver outros alunos na discussão* porque, a partir desta, os alunos podem começar a pensar e refletir, por exemplo, sobre a existência de diferenças de opinião, sobre a validade de diferentes ideias. Além disso, apontamos que o fato de os alunos serem convidados a apresentar suas ideias é o que permite a manifestação da ação *formular questão(ões) a partir de, ou retomar, a(s) ideia(s) do(s) aluno(s) com o intuito de envolver outros alunos na discussão*, uma vez que esta diz respeito ao trabalho com as ideias dos alunos. Isto nos mostra como algumas vezes as ações do professor no sentido de fomentar a argumentação em sala de aula não ocorrem isoladamente.

A ação *apresentar e/ou relacionar informação(ões) relevante(s) para a discussão* foi manifestada pela professora nas aulas 2, 3, 5, 7, 8, 9 e 10. De forma geral, esta ação foi observada nos momentos em que a professora julgou que os alunos precisavam de determinadas informações para que pudessem prosseguir ou se engajar em uma discussão, ou mesmo no processo investigativo. Por exemplo, no início da aula 7, a professora apresentou um tubo de ensaio lacrado contendo um pó branco e descreveu o procedimento que ela havia realizado: colocar o nitrato de chumbo ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, pó branco) em contato com uma chama intensa, o que resultou em sua decomposição, formando o gás observado. Além disso, Fernanda ressaltou que para decompor o $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ era preciso uma grande quantidade de energia. Essas informações foram fundamentais para que os alunos pudessem se engajar na investigação sobre o gás. Por exemplo, a informação sobre o fato de ser preciso uma grande quantidade de energia para decompor o $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ foi importante para que os alunos descartassem a ideia de que, ao resfriar o sistema, haveria a formação de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

Nas aulas 1, 4 e 6 não foi observada a ocorrência desta ação, o que, a nosso ver, se deve aos contextos das aulas. Na aula 1, a professora deu maior atenção às ideias dos alunos e a como eles respondiam as questões apresentadas. Na aula 4, os alunos realizaram uma atividade experimental e o objetivo era que eles coletassem dados, trabalhassem com os dados e construíssem suas conclusões. Na aula 6, os alunos e a professora discutiram os aspectos energéticos envolvidos nas reações investigadas nas aulas 4 e 5. Portanto, consideramos que nas aulas 1, 4 e 6 não houve a necessidade de trazer informações para que eles formulassem suas conclusões, criassem hipóteses etc.

Em relação à aula 4, apontamos que, diferente do ocorrido nas aulas 7 e 9, que também envolveram uma atividade experimental, a professora não apresentou nenhuma informação sobre as espécies envolvidas nas reações. Acreditamos que isso tenha acontecido porque os alunos não precisavam de informações específicas sobre as substâncias para que pudessem trabalhar com os dados visando a construção das evidências. Por outro lado, na aula 9, os alunos necessitavam da informação de que o íon cromato confere coloração amarela ao sistema para que pudessem analisar o dado (coloração do tubo) como uma evidência de que ao adicionar HCl comprova-se a presença de outra espécie no sistema, visto que o sistema se torna alaranjado.

A ação *formular explicação(ões)* foi manifestada pela professora ao final das aulas 2, 3 e 5. Em geral, essa ação foi observada nos momentos em que ela reuniu informações e construiu uma explicação com a intenção de favorecer a compreensão dos alunos sobre os fenômenos investigados. Por exemplo, na aula 2, após a discussão sobre o papel da parafina e do pavio na vela e de os alunos terem concluído que ambos tinham a função de combustível naquele sistema, Fernanda explicou que, para a parafina estar no estado gasoso, ela precisava ser aquecida até atingir uma temperatura mais alta do que a ambiente para que entrasse em combustão; logo, uma energia inicial era necessária para desencadear o processo. Nesse caso, a professora esclareceu aos alunos a contribuição do barbante na queima da vela (a queima do barbante fornece energia, a qual é usada no processo de evaporação da parafina) e as condições para que a parafina pudesse ser queimada no sistema.

Em linhas gerais, os resultados expressos no gráfico 6 apontam que, ao longo das 10 aulas, a professora buscou envolver os alunos no processo de ensino e criou oportunidades

para que eles participassem das discussões, apresentando suas ideias e interagindo com as ideias dos colegas. Pesquisadores que têm defendido o uso e o desenvolvimento da argumentação nas salas de aulas de ciências (por exemplo, Newton *et al.*, 1999; Duschl e Osborne, 2002; Munford e Silva, 2015; Sasseron e Duschl, 2016; Ferraz e Sasseron, 2017) apontam como condição *sine qua non* que os professores rompam com o discurso monológico, no qual o professor apresenta as ideias e os alunos as recebem. Nesse sentido, as ações manifestadas pela professora são evidências de que em sua prática docente ela dá atenção e valoriza as ideias dos alunos.

Em especial, o fato de a professora *formular questões a partir de, ou retomar, as ideias dos alunos com o intuito de envolver outros alunos na discussão* demonstra que a mesma se preocupa com o processo social de construção do conhecimento. Entendemos que isto é fundamental no ensino de ciências envolvendo argumentação porque assim os alunos têm oportunidades de construir seus argumentos levando em consideração as ideias dos colegas, podem analisar diferentes posicionamentos frente a uma questão etc. Dessa forma, eles podem argumentar tanto sobre as ideias dos colegas quanto a partir delas (Ford, 2008).

5.2 DISCUSSÕES GERAIS DOS RESULTADOS

Na seção anterior, apresentamos e discutimos os resultados detalhadamente a partir do foco específico nas ações relacionadas a cada um dos temas *processo, estrutura, função e suporte*. Aqui, apresentamos, no quadro 5, todas as ações manifestadas pela professora ao longo das 10 aulas. Neste quadro, as ações são apresentadas em termo de frequência em cada aula²⁶, a qual foi calculada pela razão entre o número de vezes que uma ação foi manifesta pelo total de ações observadas naquela aula. Além disso, apresentamos na primeira coluna à esquerda o tema ao qual as ações estão relacionadas e deixamos as células em branco quando a frequência foi igual a zero. Ressaltamos que a criação do quadro 5 teve por objetivo facilitar a visualização de todos os resultados discutidos na seção anterior e suas relações.

²⁶ Por termos trabalhado apenas com uma casa decimal, o que implicou em um arredondamento em alguns valores, apontamos que o valor total relacionado às ações não é exatamente 100%.

Tema	Ações	Frequência da ação em cada aula (%)												
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10			
Processo	Avaliar enunciado(s) apresentado(s) pelo(s) aluno(s).						9,1		9,1					
	Exemplificar o conceito de evidência.							3,3						
	Enfatizar a importância ou o papel de evidência(s) na construção de argumentos.		3,1					3,3						
Estrutura	Engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a construção de evidência(s) a partir da análise de dados.		3,1			4,5								
	Engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a avaliação de afirmativas de conhecimento à luz das evidências disponíveis.	4,5												
	Engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a elaboração de justificativas para afirmativas de conhecimento à luz das evidências disponíveis.		3,0										4,8	
Suporte	Encorajar a participação na discussão, a manifestação das ideias dos alunos.	36,4	15,5	22,2	9,1	4,5	9,1	16,7	18,2	11,5	9,5			
	Solicitar que o(s) aluno(s) contraste(m) diferentes interpretações para suas ideias.								9,1					

Quadro 5: Todas as ações manifestadas pela professora ao longo das aulas e suas frequências em cada aula. (continuação)

Em relação às ações mais frequentes em cada uma das aulas, o quadro 5 evidencia que:

- dentre as ações associadas à evidência, *engajar o(s) aluno(s) no processo de análise de dado(s) tendo em vista a construção de evidências* foi a mais frequente na aula 7 e esteve entre as mais frequentes nas aulas 2 e 4, enquanto *apresentar ou destacar dado(s) que pode(m) ser usado(s) como evidência* foi uma das ações mais observadas na aula 3;
- *encorajar a apresentação de justificativa(s)* foi a ação mais manifestada pela professora nas aulas 5 e 6, e esteve entre as mais frequentes nas aulas 2, 8 e 10. Dessa forma, foi observada uma alta frequência dessa ação em 50% das aulas;
- *solicitar que outro grupo avalie a(s) justificativa(s) ou enunciados(s) apresentada(o)(s) pelo(s) colega(s)* foi uma das ações mais observadas nas aulas 9 e 10;
- *encorajar a participação na discussão, a manifestação das ideias dos alunos* foi a ação mais frequente ou esteve entre as mais frequentes nas aulas 1, 2, 3, 8 e 9. Assim como a ação *encorajar a apresentação de justificativa(s)*, esta apresentou uma alta frequência em 50% das aulas;
- *solicitar a apresentação de hipótese(s) para o problema em discussão* foi mais frequente na aula 4;
- *solicitar a apresentação de explicação(ões)* foi umas das ações mais manifestadas pela professora na aula 9; e
- *apresentar e/ou relacionar informações relevantes para a discussão* esteve entre as ações com maior frequência nas aulas 3, 8 e 9.

A partir dos dados referentes às ações que foram mais frequentes nas aulas (quadro 5), podemos afirmar que os alunos tiveram oportunidades de construir o conhecimento a partir de evidências e justificativas; de refletir sobre o processo argumentativo; e de formular suas explicações. Esses resultados vão de encontro a dois dos objetivos apontados por Berland e Reiser (2009; 2010) para a utilização de argumentação em contextos escolares: dar sentido ao fenômeno em estudo, o que significa construir afirmativas

e explicações sobre o fenômeno; e articular o entendimento, algo que seria expresso a partir da construção de argumentos. Como evidências do trabalho da professora em relação a esses objetivos, podemos citar as altas frequências com que as ações *engajar o(s) aluno(s) no processo de análise de dado(s) tendo em vista a construção de evidências; apresentar ou destacar dado(s) que pode(m) ser usado(s) como evidência; encorajar a apresentação de justificativa(s); e solicitar a apresentação de explicação(ões)* foram manifestadas pela professora ao longo das aulas.

Destacamos que Berland e Reiser (2009; 2010) apontam um terceiro objetivo relacionado ao uso da argumentação no ensino: persuadir os pares sobre suas ideias, isto é criticar, avaliar as ideias contrárias e defender suas ideias. Embora não tenhamos observado uma ênfase significativa no trabalho com persuasão, como apontado no gráfico 3, consideramos a sala de aula investigada como um ambiente argumentativo porque a professora envolveu os alunos no processo de construção de significados e favoreceu a articulação do entendimento a partir do trabalho com argumentação, o que implicou no trabalho com dois dos três objetivos apontados por Berland e Reiser (2009; 2010).

Sobre as ações manifestadas pela professora com maior frequência, destacamos que, em alguns momentos, a ação *engajar o(s) aluno(s) no processo de análise de dado(s) tendo em vista a construção de evidência(s)* foi manifestada pela professora em conjunto com a ação *apresentar e/ou relacionar informação(ões) relevante(s) para a discussão*. Isto porque a professora trouxe informações, algumas delas desconhecidas dos alunos, e, a partir disso, eles puderam construir as evidências para a situação em discussão. Por exemplo, durante a discussão sobre o fato de a parafina ser inflamável ou não (aula 2), Fernanda sugeriu aos alunos que eles analisassem algumas informações. Ela chamou atenção para o fato de a parafina não ser uma substância e sim uma mistura; que o principal constituinte da parafina era o icosano ($C_{20}H_{42}$); e que outras substâncias, constituídas por moléculas maiores, também a constituíam. Depois, a professora retomou alguns nomes de hidrocarbonetos de cadeia pequena e sua função (por exemplo, gases combustíveis que são inflamáveis). Na sequência da discussão, foi estabelecida uma comparação: assim como os hidrocarbonetos de cadeia pequena, os hidrocarbonetos presentes na parafina eram inflamáveis. Portanto, a ação *apresentar e/ou relacionar informação(ões) relevante(s) para a discussão* precedeu a

manifestação da ação *engajar o(s) aluno(s) no processo de análise de dado(s) tendo em vista a construção de evidência(s)* porque a informação apresentada pela professora era importante para o processo de construção da evidência (hidrocarbonetos são infamáveis). Esse resultado chama atenção para o fato de que, em alguns momentos, a manifestação de ações relacionadas à argumentação não ocorre de forma isolada e que algumas ações favorecem a manifestação de outras, isto é, dão suporte à manifestação de ações de outros temas.

Ressaltamos que *encorajar a participação na discussão, a manifestação das ideias dos alunos* apresentou frequência bastante superior à das outras ações observadas na aula 1. Nessa aula, a professora discutiu com os alunos questões que envolviam situações do cotidiano como, por exemplo, a queima de uma vela ou o uso de panela de pressão para cozinhar alimentos. Consideramos que isso tenha contribuído para que a professora utilizasse mais uma abordagem dialógica interativa, na qual diferentes pontos de vista são aceitos e há a presença de diferentes vozes (Mortimer e Scott, 2003). Nesse tipo de abordagem, os alunos têm a possibilidade de participar da discussão e de apresentar suas respostas sem serem julgados do ponto de vista da ciência (Scott *et al.*, 2006). Ou seja, na abordagem dialógica interativa, os alunos podem apresentar suas ideias, posicionamentos etc., sem se basearem nos conhecimentos científicos.

Salientamos que a ação *encorajar a participação na discussão, a manifestação das ideias dos alunos* não pode ser apenas associada ao uso da abordagem dialógica ou desvinculada do conhecimento científico porque, em outras aulas, esta ação também foi bastante frequente (por exemplo, aula 9) e, nesses casos, apesar de os alunos apresentarem suas ideias, essas estavam alinhadas a aspectos do conteúdo científico.

Ainda em relação à aula 1, apontamos que a mobilização das ações *encorajar a realização de uma investigação com o objetivo de coletar dado(s) que pode(m) ser usado(s) como evidência e apresentar ou destacar dado(s) que pode(m) ser usado(s) como evidência* pode ter contribuído para a transposição da abordagem dialógica para a abordagem de autoridade. Segundo Mortimer e Scott (2003), a abordagem de autoridade está associada à existência e validação de apenas um ponto de vista, o que nas salas de aulas comumente é representado pelo ponto de vista científico. Assim, as ideias dos alunos, as evidências

apresentadas, as avaliações etc. são consideradas ou não tendo em vista a visão de ciência do professor.

Consideramos que as ações mencionadas anteriormente contribuíram para a inversão da abordagem discursiva nessa aula, porque ao enfatizar as evidências, a professora chamou atenção para a análise do fenômeno a partir do ponto de vista da Química, o que é fundamental para a aprendizagem dos conceitos científicos pelos alunos. Em outras palavras, ao solicitar que os alunos buscassem evidências para dar suporte às suas afirmativas e ao apontar as evidências disponíveis que poderiam dar suporte às afirmativas de conhecimento, a professora favoreceu a participação dos alunos no processo de construção do conhecimento científico. Por exemplo, na aula 1, quando Fernanda ressaltou a existência de uma controvérsia e solicitou que os alunos fizessem um experimento para coletar dados para dar suporte às suas ideias, ela deu indícios de que a conclusão sobre o papel da parafina não deveria estar associada a uma opinião; era preciso coletar dados e analisá-los, sendo que a análise dos mesmos envolvia o conhecimento científico sobre reações de combustão.

Portanto, assumindo a abordagem dialógica interativa, inicialmente Fernanda deu oportunidade de os alunos se engajarem na discussão e apresentarem suas ideias sobre o papel da parafina no processo de queima da vela, o que possibilitou o surgimento da controvérsia sobre o papel da parafina. Em um segundo momento, adotando uma abordagem de autoridade, ela trabalhou com os alunos as evidências, as justificativas apresentadas e as ideias controversas ou alternativas, o que contribuiu para a aprendizagem dos alunos sobre o papel da parafina na vela e sobre o porquê de a mesma ser considerada um combustível na reação de combustão da vela.

Diante dessa discussão, retomamos nossos apontamentos sobre a impossibilidade de conceber o ensino envolvendo argumentação unicamente do ponto de vista da lógica, ou da retórica, ou da dialética. Como discutido no capítulo 2, o ensino envolvendo argumentação apenas fundamentado na perspectiva lógica informal, significa um ensino baseado principalmente na avaliação dos argumentos produzidos à luz do conhecimento científico curricular. Neste caso, nas salas de aula haveria apenas um tipo de abordagem discursiva: a de autoridade. Logo, a participação dos alunos no processo de construção do conhecimento

científico seria limitada, porque não haveria espaço para o trabalho com suas concepções prévias sobre o mundo.

Por outro lado, pensar o ensino envolvendo argumentação apenas a partir da perspectiva da retórica é um risco, porque o papel do professor pode se resumir ao de apresentar refutações às ideias dos alunos que não são coerentes do ponto de vista científico (Driver *et al.*, 2000). Assim, o professor limitaria a participação dos alunos no processo de construção do conhecimento, por não dar a eles oportunidades de buscar e trabalhar com evidências, de construir e apresentar justificativas para as afirmativas de conhecimento etc.

Ainda nesse sentido, conceber o ensino envolvendo argumentação apenas a partir da dialética também implica em um risco, pois os conhecimentos cotidianos dos alunos podem ser diferentes dos modos de conceber o mundo na ciência. Portanto, para que os alunos aprendam os conhecimentos científicos, se apropriem dessa forma de aprender sobre, e conceber, o mundo natural, é preciso que eles se engajem no trabalho com evidências para as afirmativas de conhecimento, entendam o porquê de algumas respostas não serem adequadas no contexto da ciência etc.

Frente a isso, salientamos a importância de, nas salas de aulas de ciência, haver uma alternância no uso das abordagens discursivas. Em outras palavras, é importante que o professor alterne o uso da abordagem dialógica, a qual permite a validação dos pontos de vistas alternativos à ciência, com o uso da abordagem de autoridade, na qual a visão sobre o conhecimento científico predomina e é fundamental para a construção de um conhecimento canônico, que é produzido, validado e legitimado a partir de práticas comuns a uma área de conhecimento (Kelly, 2008). Portanto, apontamos que o fato de a professora ter alternado as abordagens discursivas a partir da manifestação de ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação, o que ficou evidente na aula 1, pode ter dado aos alunos oportunidades de manifestar suas ideias, de articular as evidências e justificativas para as afirmativas de conhecimentos, de reconhecer as limitações de suas ideias iniciais etc.

A partir do gráfico 3, discutimos a ênfase dada pela professora ao processo argumentativo visando a justificativa e avaliação das afirmativas de conhecimento, e a persuasão de uma audiência. Considerando o processo de ensino como um todo, o gráfico 3

mostra que o processo argumentativo direcionado à persuasão foi trabalhado em três aulas, sendo principalmente abordado nas aulas 9 e 10. A partir desse resultado e daqueles apresentados no quadro 5, podemos tecer novas considerações sobre o trabalho com argumentação desenvolvido na sala de aula investigada. Isto porque o quadro 5 nos permite olhar também para as ações de *suporte* que poderiam contribuir para o engajamento dos alunos no processo de persuadir uma audiência.

Nesse sentido, consideramos que as ações *solicitar que o(s) aluno(s) contraste(m) diferentes interpretações para suas ideias; encorajar a tomada de posicionamento; e formular questão(ões) a partir de, ou retomar, a(s) ideia(s) do(s) aluno(s) com o intuito de envolver outros alunos na discussão* ressaltam a existência de diferentes pontos de vista sobre uma questão ou chamam a atenção dos alunos para as ideias apresentadas pelos colegas, algo que pode contribuir para o desenvolvimento da argumentação visando a persuasão de uma audiência (Henderson *et al.*, 2018). Nesse caso, essas ações poderiam ter contribuído para que os alunos buscassem convencer seus colegas sobre um ponto de vista. Portanto, a mobilização dessas ações nas aulas poderia contribuir para a interação dos alunos e o debate sobre possíveis ideias opostas, algo que é apontado como favorável ao desenvolvimento da argumentação em sala de aula (Osborne *et al.*, 2004).

A partir da relação teórica entre algumas ações do tema *suporte* e a criação de oportunidades para o desenvolvimento da argumentação visando a persuasão, investigamos se houve relação entre as ações manifestadas pela professora relativas à persuasão (as quais são representadas no quadro 4) e as ações de *suporte* (apresentadas no gráfico 6) apontadas por nós como potencialmente favoráveis ao trabalho com argumentação visando a persuasão. Esse dado é mais evidente no quadro 5, porque podemos observar quais ações foram manifestadas em cada aula.

A partir do quadro 5 percebemos que, exceto pela aula 9, não houve relação entre as ações associadas a *suporte* e as ações relativas ao tema *processo* que poderiam contribuir para o desenvolvimento da argumentação visando a persuasão. No quadro 5, podemos observar que nenhuma das três ações de *suporte* mencionadas anteriormente foi manifestada nas aulas em que identificamos ações de *processo* relacionadas ao trabalho com argumentação direcionado a persuasão (quadro 3). Esse resultado significa que apesar de as

ações de *suporte* poderem favorecer o embate de ideias em sala de aula, este não foi estimulado ou enfatizado a partir das ações de *processo*.

Destacamos que assim como o experimento realizado na aula 7, o experimento realizado na aula 9 também envolvia uma reação em equilíbrio químico. Dessa forma, a aula 9 representou uma segunda oportunidade de os alunos trabalharem com reações em equilíbrio químico. No contexto de ensino por modelagem, a oportunidade de investigar um segundo sistema envolvendo um fenômeno similar ao investigado na primeira situação geralmente ocorre nas etapas de teste e de avaliação do modelo. Tais etapas visam, respectivamente, a análise da extensão em que um modelo satisfaz os objetivos para os quais foi criado e a avaliação da abrangência e das limitações do modelo proposto (Gilbert & Justi, 2016). Na aula 9, se os alunos ainda não tivessem incluído em seus modelos a ideia de simultaneidade de ocorrência das reações, o experimento envolvendo os íons CrO_4^{2-} e $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dava a oportunidade de testar o modelo 3D proposto por eles a partir do experimento envolvendo NO_2 e N_2O_4 , pois eles precisavam dizer se os modelos propostos inicialmente eram adequados para explicar a formação contínua das espécies CrO_4^{2-} e $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. Caso os alunos já tivessem incluído tal ideia em seus modelos, os resultados do experimento poderiam ser usados para discutir a abrangência de seus modelos. Ambas as etapas implicam na análise crítica dos resultados empíricos e, no caso de isto ocorrer em um contexto de teste de modelos, podem resultar também em modificações no modelo testado, ou mesmo no abandono do mesmo (Gilbert & Justi, 2016).

O fato de a discussão do experimento ter contribuído tanto para a etapa de teste quanto para a de avaliação dos modelos dos alunos pode ter contribuído para a relação entre a manifestação de ações do tema *suporte* – *encorajar a tomada de posicionamento e formular questão(ões) a partir de, ou retomar, a(s) ideia(s) do(s) aluno(s) com o intuito de envolver outros alunos na discussão* – e do tema *processo* – *encorajar a elaboração de teoria(s) alternativa(s) e solicitar que outro grupo avalie a(s) justificativa(s) ou enunciado(s) apresentado(a)(s) pelo(s) colega(s)* –, as quais foram apontadas como favoráveis ao trabalho com argumentação visando a persuasão. Isto porque julgamos que o fato de a professora solicitar que os alunos avaliassem se o modelo criado por eles era adequado para explicar a nova situação investigada e que o socializassem com toda a turma, assim como a discussão

gerada a partir desta última solicitação, possibilitou que houvesse a apresentação de diferentes pontos de vistas sobre a adequação dos modelos, o que favoreceu a ocorrência da persuasão.

6 CONCLUSÕES

Nesse estudo buscamos discutir as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas por uma professora em diferentes situações de ensino de conteúdos científicos curriculares. Investigamos também as possíveis relações entre as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* e as estratégias de ensino utilizadas pela professora, assim como quais dessas ações poderiam contribuir para o desenvolvimento dos conhecimentos processuais e epistêmicos dos alunos.

Nossa pesquisa se configura como um estudo de caso instrumental, no qual o caso selecionado contribui para que o pesquisador tenha *insights* sobre a questão investigada (Grandy, 2010; Creswell, 2013). Neste trabalho, isso significa ter *insights* sobre o papel do professor frente ao ensino envolvendo argumentação a partir das *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas por uma professora de Química. Alinhado a isso, destacamos que duas das nossas questões de pesquisa eram pontuais, estavam relacionadas à apresentação de um conjunto de ações observadas a partir da prática da professora e das relações entre essas ações e as estratégias de ensino utilizadas pela mesma. Isso contribuiu para nossa decisão de, neste capítulo de conclusões, apresentarmos principalmente uma síntese dos resultados e discussões apontados no capítulo de resultado e discussões. Porém, em alguns momentos, extrapolamos as discussões sobre as questões de pesquisa por julgarmos que as novas discussões podem ajudar o leitor a compreender os nossos *insights*, os quais subsidiaram a construção do capítulo seguinte, o de implicações.

Salientamos que as conclusões sobre a terceira questão de pesquisa vão além de uma síntese dos resultados e discussões apresentadas no capítulo anterior porque, para responder tal questão, estabelecemos relações entre os conceitos de conhecimentos processuais e epistêmicos e as conclusões sobre as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora.

Finalmente, destacamos que, em nenhum momento, pretendemos julgar a qualidade do trabalho da professora a partir de nossa análise. Todos os comentários relacionados às ações manifestadas ou não manifestadas por ela têm a função de iluminar

discussões mais amplas sobre: (i) o conjunto de ações proposto neste trabalho; (ii) a relação entre essas ações e demais elementos de conhecimento associados ao modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*; e (iii) o papel da argumentação no ensino *de e sobre* ciência. Tais discussões atuam como *insights* para futuras discussões sobre a caracterização dos conhecimentos docentes relativos à argumentação e para pensar os programas de formação de professores, seja inicial ou continuada.

Quais ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação podem ser observadas na prática de uma professora de Química no processo de ensino de conteúdos científicos curriculares desta disciplina?

Nosso objetivo na primeira questão de pesquisa era investigar as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas por uma professora de Química em situações regulares de ensino de conteúdos científicos curriculares. Ressaltamos que a nossa opção por estudar as situações regulares de ensino de conteúdos científicos curriculares está atrelada ao fato de que há poucas pesquisas na área que investigam as ações realizadas por professores nesse contexto (Chiari e Leitão, 2005; Christodoulou e Osborne, 2014; Ferraz e Sasseron, 2017). Em geral, as pesquisas sobre a prática docente no ensino envolvendo argumentação têm sido desenvolvidas em contextos naturalmente controversos, como a partir do uso de questões sociocientíficas (por exemplo, Mcneill e Pimentel, 2010; Evagorou e Dillon, 2011). Portanto, consideramos que as conclusões a respeito dessa questão contribuem para futuras discussões sobre o papel do professor no ensino de ciências envolvendo argumentação.

A partir da análise das ações manifestadas pela professora ao longo das 10 aulas observada por nós, concluímos que a mesma manifestou ações relacionadas aos quatro temas presentes no instrumento de análise. Como discutido no capítulo de aspectos metodológicos (capítulo 4), o tema:

- *processo* envolve as ações do professor que podem favorecer o envolvimento dos alunos no processo de argumentar, no que diz respeito a justificar ou avaliar afirmativas de conhecimento frente às evidências disponíveis ou a persuadir uma audiência;

- *estrutura* contempla as ações do professor relativas à apresentação, explicação ou exemplificação dos elementos presentes no processo argumentativo, e estas estão relacionadas ao ensino na dimensão conceitual da argumentação;
- *função* está relacionado às ações do professor que dizem respeito à compreensão das funções da argumentação: justificar ou avaliar afirmativas de conhecimento à luz das evidências disponíveis; ou persuadir uma audiência; e
- *suporte* envolve às ações do professor que dão suporte ou provêm condições para a ocorrência de argumentação.

Sobre o número de ações manifestadas pela professora, concluímos que a mesma realizou 13 dos 16 tipos de ações associadas ao tema *processo*; 3 dos 13 tipos de ações relacionadas ao tema *estrutura*; 2 dos 7 tipos de ações relativas ao tema *função*; e 8 dos 11 tipos de ações referentes ao tema *suporte*. No quadro 6 apresentamos uma síntese de todas as ações manifestadas pela professora ao longo das 10 aulas analisadas neste trabalho.

Tema	Ações manifestada pela professora ao longo das aulas observadas
Processo	Encorajar a realização de uma investigação com o objetivo de coletar dado(s) que pode(m) ser usado(s) como evidência.
	Engajar o(s) aluno(s) no processo de análise de dado(s) tendo em vista a construção de evidências.
	Apresentar ou destacar dado(s) que pode(m) ser usado(s) como evidência.
	Solicitar a apresentação de evidência(s) para dar suporte a uma ideia expressa em um enunciado.
	Solicitar a avaliação da(s) evidência(s) usada(s), ou possível(is) de serem usadas, para dar suporte a uma ideia expressa em um enunciado.
	Encorajar a apresentação de justificativa(s).
	Apresentar e/ou enfatizar justificativa(s).
	Encorajar a construção de argumento(s) orais e/ou escritos.
	Construir argumento(s).
	Encorajar a reflexão do(s) aluno(s) sobre seu(s) próprio(s) argumento(s) ou enunciado(s).
	Encorajar a elaboração de teoria(s) alternativa(s).
	Solicitar que outro grupo avalie a(s) justificativa(s) ou enunciados(s) apresentada(o)(s) pelo(s) colega(s).
	Avaliar enunciado(s) apresentado(s) pelo(s) aluno(s).
Estrutura	Exemplificar o conceito de evidência.
	Enfatizar a importância ou o papel de evidência(s) na construção de argumentos.
	Engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a construção de evidência(s) a partir da análise de dados.
Função	Engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a avaliação de afirmativas de conhecimento à luz das evidências disponíveis.
	Engajar o(s) aluno(s) em um processo reflexivo sobre a elaboração de justificativas para afirmativas de conhecimento à luz das evidências disponíveis.
Suporte	Encorajar a participação na discussão, a manifestação das ideias dos alunos.
	Solicitar que o(s) aluno(s) contraste(m) diferentes interpretações para suas ideias.
	Encorajar a tomada de posicionamento.
	Solicitar a apresentação de hipótese(s) para o problema em discussão.
	Solicitar a apresentação de explicação(ões).
	Formular questão(ões) a partir de, ou retomar, a(s) ideia(s) do(s) aluno(s) com o intuito de envolver outros alunos na discussão.
	Apresentar e/ou relacionar informações relevantes para a discussão.
	Formular explicação(ões).

Quadro 6: Todos os tipos de ações manifestados pela professora ao longo das dez aulas.

No que diz respeito aos tipos de *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* do tema *processo*, concluímos que a professora mobilizou principalmente as ações que contemplam os elementos *evidência* e *justificativa* e que ações dessa natureza tiveram um alto índice de ocorrência, haja vista o número de vezes em que elas foram manifestadas tanto ao longo de uma mesma aula (gráficos 1 e 2) quanto ao longo das 10 aulas (quadro 5). Especificamente, notamos que a ação *engajar o(s) aluno(s) no processo de análise de dado(s) tendo em vista a construção de evidências* teve a maior ocorrência entre as ações relativas à evidência (gráfico 1) e que a ação *encorajar a apresentação de justificativa(s)* foi a mais frequente entre aquelas relacionadas ao trabalho com justificativas (gráfico 1). Isso significa que a professora engajou os alunos no processo de coleta de dados e de análise dos mesmos tendo em vista a construção de evidências, solicitou que eles apresentassem evidências para dar suporte aos seus enunciados e solicitou a apresentação das justificativas, isto é, que os alunos mostrassem como as evidências apontadas poderiam ser usadas para dar suporte ao enunciado construído por eles.

Considerando as ações relacionadas ao tema *estrutura*, concluímos que a professora deu menos atenção ao ensino conceitual da argumentação, uma vez que houve um número restrito de ações mobilizadas por ela e que o número de ocorrência das mesmas foi baixo (gráfico 4). Além disso, ressaltamos que as ações manifestadas pela professora referentes ao tema *estrutura* dizem respeito à categoria de *evidência* (quadro 4), o que respalda nossa conclusão anterior sobre a ênfase dada pela mesma ao trabalho com o elemento *evidência*. Portanto, tratando do ensino conceitual de argumentação, concluímos que a professora não abordou em sala de aula discussões relacionadas aos conceitos de *justificativa* e *argumento* e às *capacidades argumentativas*.

Enfatizamos que o ensino de argumentação na dimensão conceitual não significa ensino declarativo de argumentação. Entendemos que é importante que os alunos aprendam sobre os conceitos de argumentação para que possam compreender o papel dos mesmos no processo argumentativo e saibam utilizá-los. Em outras palavras, tecendo uma analogia com o ensino de conteúdo científico curricular, consideramos que o fato de o aluno saber enunciar um conceito, não é suficiente para que o mesmo saiba resolver um problema utilizando esse conceito ou estabelecer relações entre esse conceito e outros conceitos aprendidos por eles.

Da mesma forma, o fato de o aluno saber definir os elementos de um argumento ou as capacidades argumentativas não é suficiente para que ele saiba utilizar esses elementos na construção de um argumento ou compreenda o papel das capacidades argumentativas no processo argumentativo.

Sobre o tema *função*, concluímos que a professora quase não engajou os alunos no processo reflexivo sobre as funções ou os objetivos relativos à prática argumentativa, isto é, refletir sobre o processo de justificar ou avaliar afirmativas de conhecimento à luz das evidências disponíveis ou persuadir uma audiência. Isto porque observamos a mobilização de apenas duas das sete ações alocadas no tema *função* e, ainda mais significativo, observamos que a mobilização destas ocorreu de forma pontual, sendo manifestadas apenas uma vez na primeira (aula 1) e na última aula (aula 10). Por isso consideramos que a professora não engajou os alunos nos processos reflexivos de avaliar e justificar as afirmativas de conhecimento, de persuadir uma audiência e de construir argumentos, contra-argumentos, teoria alternativa e refutação.

A partir das ações manifestadas pela professora referente ao tema *suporte*, concluímos que a mesma valorizava a participação dos alunos nas aulas e a manifestação de suas ideias, pois observamos a ocorrência acentuada da ação *encorajar a participação na discussão, a manifestação das ideias dos alunos* em todas as aulas (gráfico 6). Além disso, a professora buscava envolver os alunos nas discussões que estavam ocorrendo em sala de aula a partir da mobilização de ações que conduziam os alunos a analisar os diferentes posicionamentos existentes ou retomavam questões ou conclusões apresentadas pelos colegas.

A partir das ações *favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora de Química no processo de ensino de conteúdos científicos curriculares, concluímos que a sala de aula investigada por nós não pode ser considerada uma sala de aula tradicional, na qual a fala do professor é predominante e os alunos têm pouca participação e autonomia no processo de aprendizagem. Uma evidência específica disso é o fato de que as ações *encorajar a participação na discussão, a manifestação das ideias dos alunos* e *encorajar a apresentação de justificativa(s)* terem sido as ações mais frequentes em 50% das aulas (quadro 3), e a ação *engajar o(s) aluno(s) no processo de análise de dado(s) tendo em vista a*

construção de evidências ter sido bastante frequente ao longo das aulas, sendo a mais frequente na aula 7 (quadro 5).

Além disso, Berland e Reiser (2009; 2010) propuseram três objetivos relacionados ao desenvolvimento do aluno frente ao uso da argumentação no ensino: *dar sentido ao fenômeno em estudo*, o que significa construir afirmativas e explicações sobre o fenômeno; *articular o entendimento*, algo que seria expresso a partir da construção de argumentos; e *persuadir os pares sobre as suas ideias*, isto é criticar, avaliar as ideias contrárias e defender suas ideias. Considerando tais objetivos, enfatizamos que a sala de aula investigada também pode ser caracterizada como um ambiente argumentativo, porque a professora engajou os alunos no processo de construção de conhecimentos a partir da construção de evidências e da articulação das mesmas com as justificativas e conclusões. Isso envolve dois dos objetivos apontados por Berland e Reiser (2009; 2010): dar sentido ao fenômeno em estudo e articular o entendimento.

Considerando os três objetivos de ensino defendidos por Berland e Reiser (2009; 2010), apontamos, a partir das *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora, que o trabalho com argumentação conduzido pela mesma se mostrou limitado no que diz respeito ao envolvimento dos alunos no processo de persuasão de uma audiência. Isto porque, ao longo das aulas acompanhadas, observamos que a professora manifestou menos ações que poderiam contribuir para o engajamento dos alunos no processo de persuasão de uma audiência (gráfico 3 e quadros 4 e 5).

Entretanto, reconhecemos, assim como Erduran, Simon e Osborne (2004) e Henderson *et al.* (2018), que isto está relacionado à cultura da sala de aula, a partir da qual os alunos podem se sentir à vontade para interagir entre si, sem necessariamente se reportarem ao professor para que o mesmo valide o que está sendo discutido, e possam entender que o alvo das críticas são as afirmativas de conhecimento e não as pessoas que as enunciam. Destacamos que essa prática, a qual envolve a autonomia na interação entre aluno-aluno e análise crítica do conhecimento, é muito diferente da prática comumente desenvolvida em salas de aula nas quais os alunos falam diretamente ao professor e esperam que o mesmo diga se a resposta está certa ou errada (Osborne e Dillon, 2010; Henderson *et al.*, 2018).

Concluimos que esses alunos estavam passando por uma mudança de cultura, visto que era o primeiro ano que eles estavam tendo aula com aquela professora. Assim, salientamos que mesmo a professora criando situações que favoreciam a argumentação dos alunos relacionada à persuasão como, por exemplo, a partir das discussões sobre o experimento da vela na aula 2, estes continuavam demonstrando uma certa necessidade de apresentar suas respostas a ela, esperando que a mesma fizesse a avaliação e identificasse ou apresentasse a resposta correta. Por exemplo, nesta mesma aula 2, na qual os alunos discutiram as evidências para a queima da parafina na vela, após a discussão, eles tinham todos os elementos para concluir e convencer os pares de que a parafina era um combustível naquele sistema. Entretanto, quando Fernanda perguntou se eles conseguiam concluir sobre o papel da parafina, os mesmos disseram que não, sendo preciso que ela reunisse as informações e construísse o argumento final.

Devemos considerar também que o tempo disponível para a realização das aulas pode ter afetado a ênfase dada pela professora ao processo de persuasão de uma audiência. Teoricamente, as aulas investigadas tinham duração de 50 minutos, mas, na realidade, o processo de ensino ocorria por aproximadamente 40 minutos. Isto porque algum tempo era usado pela professora envolvendo outras ações essenciais para o andamento das aulas como iniciar a aula, orientar os alunos para a realização de outras tarefas (como, por exemplo, exercícios que deveriam ser feitos para as próximas aulas), organizar os grupos etc. Dessa forma, o tempo disponível para a realização dos experimentos, a discussão sobre os mesmos, os trabalhos em grupo etc. era menor do que o tempo nominal das aulas. Isso pode ter contribuído para que Fernanda enfatizasse mais a construção do conhecimento a partir da articulação das evidências, justificativas e explicações, do que a partir do processo argumentativo dialógico (Jiménez-Aleixandre e Erduran, 2008), no qual os alunos teriam que refutar e convencer os pares sobre as melhores explicações para os fenômenos investigados – o que demandaria um tempo maior também em função da falta de experiência dos alunos em trabalhar nessa perspectiva.

Em resumo, concluimos que a professora manifestou ações de *processo* principalmente relacionadas às evidências e justificativas, poucas ações relacionadas aos temas *estrutura* e *função* e ações de *suporte* que poderiam contribuir para o envolvimento

dos alunos nas discussões. Isso parece ter sido influenciado pela questão cultural daquela sala de aula e pelo fato de a professora estar desenvolvendo seus conhecimentos sobre argumentação enquanto ensinava os conteúdos científicos curriculares. Nesse sentido, as ações manifestadas pela professora são coerentes com suas experiências anteriores de ensino, as quais podem ser caracterizadas pelo envolvimento dos alunos em discussões e construção de conhecimentos a partir da perspectiva de investigação. Portanto, os trabalhos com a argumentação envolvendo a persuasão, o convencimento dos pares, e a crítica às afirmativas de conhecimento, poderiam ainda não ser parte da cultura daquela sala de aula.

Além disso, reconhecemos que as situações de ensino envolvendo conteúdos científicos curriculares podem não ter contribuído para o trabalho com argumentação envolvendo a persuasão entre os pares devido à complexidade do processo de ensino-aprendizagem e do tempo para a realização do mesmo. Por exemplo, o fato de os alunos estarem desenvolvendo seus conhecimentos, buscando estabelecer relações entre os novos conceitos e os seus conhecimentos prévios, pode ter contribuído para que a professora julgasse que os mesmos ainda não tinham subsídios para se engajar em discussões visando o convencimento dos pares. Sem esses conhecimentos, o processo de persuasão poderia estar centrado em opiniões ou fundamentado em interpretações equivocadas dos fenômenos. Em outras palavras, envolver os alunos no processo de persuasão sem que os mesmos tenham domínio da questão em discussão pode significar que a persuasão irá ocorrer apenas devido à capacidade de retórica de alguns alunos ou via discurso de autoridade. Ou seja, a audiência será persuadida pela capacidade de oratória de um dos alunos e não pela validade e credibilidade de seus argumentos ou, ainda, alguns alunos podem optar por acreditar no que está sendo enunciado por um aluno porque o consideram 'bom' aluno.

Há relação entre as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora e a(s) estratégia(s) de ensino adotada(s) por ela? Em caso afirmativo, como elas se relacionam?

Na segunda questão de pesquisa tínhamos por objetivo sondar a existência de relações entre as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*, as quais foram apontadas a partir da primeira questão de pesquisa, e as estratégias de ensino adotadas pela professora e, caso identificássemos relações, compreender como as ações se relacionam com

as estratégias. Consideramos que as discussões e as conclusões dessa questão iluminam futuras discussões sobre o papel do professor no ensino envolvendo argumentação e sobre os conhecimentos relativos à argumentação no que tange à integração entre os elementos elencados no modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*.

Em relação às estratégias de ensino adotadas pela professora para trabalhar os conteúdos científico curriculares, apontamos que a mesma utilizou principalmente experimentação e modelagem. Assim, apresentamos inicialmente nossas conclusões sobre as possíveis relações entre as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* e a estratégia de experimentação e, na sequência, discutimos tais relações frente à estratégia de modelagem.

Nas aulas iniciais (1 e 2), a experimentação foi sugerida pela professora como uma forma de os alunos investigarem a questão problema sobre o papel da parafina na constituição da vela devido às discussões sobre o fato de a parafina ser um combustível na reação de combustão da vela ou de ela ter um papel estruturante, não participante da reação por apenas manter o pavio em pé. A partir do experimento, os alunos tiveram a possibilidade de coletar dados, os quais deveriam ser interpretados e poderiam ser utilizados para dar suporte ou refutar as hipóteses sobre o papel da parafina na constituição da vela.

Nesse caso, a professora orientou os alunos sobre como eles deveriam realizar o experimento em casa, porém ela não forneceu um roteiro experimental. A professora apenas sugeriu que os alunos queimassem duas velas e que eles utilizassem velas de espessuras diferentes. Assim, as demais condições experimentais e a maneira de conduzir o experimento foram determinadas pelos próprios alunos. Isto contribuiu para que, no momento de discussão dos resultados (aula 2), fossem apresentadas diferentes observações sobre o experimento como, por exemplo, observar a massa da vela antes e após a queima, utilizar velas de espessuras diferentes e com pavios de espessuras também diferentes etc.

Em um segundo momento (aulas 4 e 5), a experimentação foi utilizada pela professora para iniciar as discussões sobre os aspectos energéticos envolvidos em reações químicas. A professora propôs que os alunos investigassem dois sistemas (reações entre Ba(OH)_2 e NH_4SN e entre Al e NaOH) e forneceu a eles um roteiro experimental. Portanto,

diferente da primeira atividade experimental realizada pelos alunos, nesse caso, o procedimento experimental era mais direcionado e os alunos tinham conhecimento das etapas do procedimento a serem seguidas (por exemplo, os alunos foram informados de que deveriam medir a temperatura do sistema em dois momentos: antes de adicionar o Al à solução de NaOH; e após a adição do Al). Assim, na atividade experimental proposta pela professora, a conclusão estava em aberto e as observações experimentais podiam subsidiar as discussões sobre os aspectos de conteúdos relacionados ao tópico termoquímica. Isto porque, a partir das observações experimentais e dos questionamentos da professora, os alunos foram engajados no processo de análise de dados visando a construção de evidências e buscaram construir as justificativas e conclusão que fossem coerentes com as evidências.

A partir do uso da experimentação nas aulas 1, 2, 4 e 5 e das ações manifestadas pela professora nessas aulas (quadro 3), concluímos que há relação entre o uso da experimentação e as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora, principalmente no que diz respeito à natureza das ações, isto é, ao tema das mesmas. Observamos que nas aulas 2, 4 e 5 houve uma maior manifestação de ações do tema *processo* do que dos demais temas (quadro 3). Além disso, percebemos que o uso da experimentação contribuiu para a manifestação de ações relativa aos elementos *evidências* e *justificativa* (gráfico 1), fazendo com que essas fossem as principais ações manifestadas pela professora nas aulas 2, 4 e 5 (quadro 3).

Frente à utilização da experimentação nos dois momentos de ensino, os quais foram descritos anteriormente, podemos estabelecer uma relação geral entre *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* e o nível de abertura das atividades experimentais propostas pela professora. No primeiro momento (aula 1 e 2), a atividade experimental foi proposta de forma mais aberta porque tanto o procedimento quanto a conclusão não eram apresentados (Tamir, 1991), ou seja, os alunos precisavam estabelecer os parâmetros para a realização do experimento (por exemplo, utilizar o mesmo tempo de queima das velas, utilizar velas com pavios idênticos e de espessuras diferentes etc.) e formular suas conclusões a partir da interpretação dos dados coletados. No segundo momento, a experimentação foi realizada de forma mais dirigida porque os alunos tinham

conhecimento sobre os procedimentos a serem seguidos (Tamir, 1991), porém a conclusão estava em aberto.

Com isso, concluímos que *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora se relacionaram com a estratégia de experimentação porque esta foi proposta com níveis de abertura 2, no qual o procedimento e a conclusão estão em aberto (Tamir, 1991), e com nível 1 no qual a conclusão está em aberto (Tamir, 1991). Dessa forma, para elaborar suas conclusões sobre o fenômeno os alunos precisavam trabalhar os dados, interpretá-los utilizando seus conhecimentos prévios e analisar a coerência entre as explicações geradas e os dados coletados (Caamaño, 2003; Munford e Lima, 2007; Carvalho, 2013), o que significa realizar uma investigação a partir de atividade experimental. Portanto, salientamos que a relação entre *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora e a estratégia de experimentação foi evidenciada pelo uso da experimentação na perspectiva investigativa. Nessa perspectiva, não basta os alunos fazerem observações ou apenas levantar hipótese sobre o que pode ter acontecido no experimento (Munford e Lima, 2007), eles precisam construir as evidências e justificar como elas podem dar suporte à conclusão apresentada.

Frente a isso, enfatizamos que o desenvolvimento da argumentação a partir da estratégia de experimentação é favorecido se a experimentação for pensada a partir da perspectiva da investigação. Caso contrário, a atividade experimental apresenta nível 0 (Tamir, 1991), isto é o problema, os procedimentos e as conclusões são apresentados previamente no roteiro experimental ou pelo professor, cabendo aos alunos apenas verificar o que foi aprendido teoricamente, comprovar uma teoria ou observar a aplicação de um conceito. Ou seja, no caso das atividades de nível 0, a participação, em nível cognitivo, dos alunos é extremamente limitada por ele deve realizar o passo-a-passo para chegar na conclusão. Nesse contexto, as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* parecem não terem sentido porque o papel do professor se resume ao de conferir se os alunos atingiram ou não o objetivo estabelecido previamente.

No que diz respeito às atividades de modelagem, ressaltamos que estas são, por essência, atividades investigativas nas quais os alunos devem criar modelos para explicar o fenômeno observado, expressá-los a partir de algum modo representacional e testar os

modelos criados por eles e pelos demais colegas ou apresentados pela professora, modificar ou reformular completamente seus modelos à luz das discussões relacionadas com os testes, além de analisar a utilização do modelo em outros contextos (Gilbert e Justi, 2016). Em outras palavras, na modelagem, em todos os casos, pelo menos a conclusão estará em aberto – isto é, o modelo construído pelos alunos – visto que os alunos são envolvidos em um processo investigativo que perpassa pelas etapas de produção, expressão, teste, avaliação e comunicação dos modelos (Gilbert e Justi, 2016).

Além disso, frente às etapas da modelagem, podemos afirmar que esta está intrinsecamente relacionada à argumentação, porque há a necessidade de analisar os dados para a proposição do modelo, justificar a escolha do modo de representação, avaliar a consistência do modelo à luz das evidências e avaliar abrangência e limitações do modelo proposto frente a novas situações problemas (Mendonça e Justi, 2013a; Justi, 2015). Ou seja, a argumentação se faz presente nas atividades de modelagem mesmo nas situações em que não há intenção de ensinar explicitamente argumentação (Mendonça e Justi, 2013a; Svoboda e Passmore, 2013).

Frente aos nossos resultados, concluímos que há relação entre o ensino fundamentado em modelagem e a mobilização de *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* no que diz respeito ao tema *processo* e ações relativas às evidências e justificativas. Isto porque nas aulas 7, 8, 9 e 10 (aulas nas quais a professora conduziu atividades de ensino baseadas no processo de modelagem), observamos que a ação *engajar o(s) aluno(s) no processo de análise de dado(s) tendo em vista a construção de evidência(s)* foi a mais frequente na aula 7 (quadro 5), enquanto a ação *encorajar a apresentação de justificativa(s)* esteve entre as mais frequentes nas aulas 8 e 10 (quadro 3).

Ademais, concluímos que há relação entre o ensino fundamentado em modelagem e as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* no que diz respeito às ações manifestadas pela professora que poderiam contribuir para o envolvimento dos alunos no processo argumentativo de persuadir uma audiência. Isto porque nas aulas 7, 8, 9 e 10, observamos a ocorrência de todas as ações de *processo* apontadas como ações que enfatizam o processo de persuasão de um audiência (quadro 3), sendo que a ação: (i) *solicitar a avaliação da(s) evidência(s) usada(s), ou possível(is) de ser(em) usada(s), para dar suporte a uma ideia*

expressa em um enunciado só foi manifestada pela professora na aula 10; e (ii) *solicitar que o outro grupo avalie a(s) justificativa(s) ou enunciado(s) apresentada(o)(s) pelo(s) colega(s)* foi manifestada apenas nas aulas 9 e 10, mas com uma frequência grande.

Destacamos que nas aulas 9 e 10, a professora discutiu com os alunos um segundo experimento envolvendo uma reação em equilíbrio químico, o que, no contexto de ensino por modelagem, representa a oportunidade de os alunos testarem ou avaliarem os modelos produzidos a partir de uma situação similar. Retomamos que a etapa de teste está relacionada à análise da validade do modelo frente aos objetivos para os quais o mesmo foi elaborado, e que a avaliação diz respeito à análise das abrangências e das limitações do modelo criado (Gilbert e Justi, 2016). Frente a isso, concluímos que o fato de a professora engajar os alunos no processo de teste e avaliação do modelo criado, e solicitar que eles socializassem e discutissem suas respostas com a turma, possibilitou a apresentação de diferentes pontos de vista sobre os modelos criados e a adequação dos mesmos, o que contribuiu para a manifestação de *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* visando o engajamento dos alunos no processo de persuasão.

Em resumo, concluímos que as relações entre as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* e as estratégias de experimentação e modelagem derivaram do fato de a professora ter envolvido os alunos em investigações. De forma geral, o uso de atividades experimentais e de modelagem na perspectiva investigativa possibilitou que a professora engajasse os alunos no(a): (i) trabalho com evidências e justificativas frente a afirmativas de conhecimento; (ii) análise das explicações apresentadas pelos colegas para os fenômenos investigados; (iii) apresentação e discussão de ideias relativas ao fenômeno estudado; (iv) apresentação de hipóteses para o fenômeno; e (v) na proposição de explicações para o fenômeno.

Diante dessas conclusões, assim como Sasseron (2015), defendemos que a investigação pode ser trabalhada em sala de aula a partir de várias estratégias de ensino e visando o ensino de diferentes conteúdos. Por isso, a investigação deve ser pensada como uma perspectiva de ensino ou como uma abordagem didática, visto que a mesma vai além da estratégia de ensino que é adequada a determinados conteúdos (Sasseron, 2015). Ao adotar a perspectiva investigativa, o professor assume o compromisso de engajar os alunos nas

discussões sobre o conteúdo, na resolução de problemas, análise dos fenômenos estudados etc. (Sasseron, 2015). Nesse trabalho, apresentamos a relevância da investigação no desenvolvimento das estratégias de experimentação e modelagem e para o envolvimento dos alunos no processo de ensino dos conteúdos científicos curriculares envolvendo argumentação.

Baseado no argumento de Sasseron (2015) de que a investigação é uma abordagem didática porque a mesma pode ser trabalhada em sala de aula a partir de diferentes estratégias de ensino e para os diversos conteúdos; e frente aos nossos resultados sobre os tipos de *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora em diferentes situações de ensino, defendemos que a argumentação pode ser concebida como uma abordagem de ensino, a qual irá orientar a forma como o professor planeja e conduz o processo de ensino, o que envolve, por exemplo, a escolha da estratégia de ensino. Além disso, frente às discussões sobre as relações entre abordagem investigativa e trabalho com argumentação observadas nesse trabalho, ressaltamos que o professor pode adotar mais de uma abordagem didática ao planejar e realizar suas aulas.

Especificamente em relação à investigação e à argumentação, salientamos que a primeira é indissociável da segunda. Como discutido no capítulo de revisão da literatura (capítulo 2), a partir de investigações, os cientistas buscam construir explicações para os fenômenos observados baseado na interpretação dos resultados frente aos conhecimentos disponíveis no momento, assim como apontar as limitações e possibilidades dessas explicações, algo que está relacionado à etapa de produção do conhecimento científico. A partir da produção desses argumentos, os cientistas se engajam em um outro processo argumentativo, o qual visa o convencimento dos pares sobre a aceitação dos argumentos científicos produzidos (Williams, 2011). Nesse processo, são levados em consideração os métodos usados na investigação, os dados coletados e suas interpretações, e as possíveis explicações para o fenômeno investigado (Duschl e Osborne, 2002). Portanto, na ciência, a investigação e a argumentação são indissociáveis. Dessa forma, o ensino de ciências na perspectiva investigativa pressupõe o trabalho com argumentação. Isso pode ser observado em nossos resultados pois, em alguns momentos (por exemplo, aula 2), a professora realizou

ações relativas à argumentação sem mesmo ter a intenção explícita de ensinar ciências envolvendo argumentação.

Nesse sentido, destacamos que as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora se relacionam às estratégias de ensino utilizadas por ela no que diz respeito ao trabalho com práticas científicas. Ressaltamos que o documento *A Framework for K-12 Science Education: Practice, crosscutting concepts, and core ideas* (Nrc, 2012) propõe que as práticas sociais da ciência ocorrem em três espaços: experimentação e investigação; elaboração de explicações, hipóteses e modelos; e crítica e avaliação das afirmativas de conhecimento. Portanto, pensando em: (i) os três espaços apontados no documento; (ii) as ações apresentadas pela professora (quadro 3); e (iii) as estratégias de ensino adotadas por ela (atividades investigativas experimentais e de modelagem), salientamos que a professora envolveu os alunos em práticas científicas, especificamente, na(o):

- investigação, ao solicitar que os mesmos realizassem experimentos para investigar os fenômenos, coletar dados, realizar testes etc.;
- desenvolvimento de explicações e soluções, ao solicitar que os alunos elaborassem modelos para explicar os fenômenos observados, trabalhassem com as evidências e justificativas buscando construir conclusões e explicações sobre os fenômenos investigados; e
- avaliação, ao questionar a validade e coerência das respostas apresentadas pelos alunos.

Dessa forma, mais uma vez, enfatizamos que o fato de a professora não ter engajado sistematicamente os alunos no processo de persuasão dos pares não significou que a mesma não envolveu os alunos no trabalho com práticas científicas.

Quais *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora ao longo do processo de ensino de conteúdos científicos curriculares de Química podem contribuir para o desenvolvimento de conhecimentos *processuais* e *epistêmicos* dos alunos? Por quê?

Na terceira questão de pesquisa, tínhamos a intenção de discutir quais eram as oportunidades que os alunos tinham de desenvolver seus conhecimentos processuais e epistêmicos ao vivenciarem o ensino de conteúdos científicos curriculares envolvendo argumentação. Para isso, partimos da hipótese de que tais oportunidades poderiam ser criadas a partir das *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* e, por isso, investigamos quais *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora poderiam contribuir para o desenvolvimento dos conhecimentos processuais e epistêmicos dos alunos.

Segundo Osborne (2016), o conhecimento processual está relacionado ao conhecimento declarativo sobre as estratégias e métodos usados recorrentemente para a construção do conhecimento como, por exemplo, a realização de uma investigação. Por outro lado, o conhecimento epistêmico envolve o conhecimento e o entendimento sobre os processos científicos (Millar *et al.*, 1994). Em outras palavras, isso envolve compreender o que são as estratégias e os métodos para que possamos entender como esses métodos são empregados no processo de construção, validação e legitimação do conhecimento. Assim, o conhecimento epistêmico está associado à reflexão sobre as práticas comuns nas ciências, no sentido de estabelecer as razões para se acreditar no que sabemos, e envolve a compreensão sobre os significados dos termos comuns na ciência.

Considerando tal distinção, podemos pensar que o conhecimento processual nos ajuda a responder à questão “como sabemos o que sabemos?”, e o conhecimento epistêmico ilumina nosso entendimento sobre a questão “por que acreditamos no que sabemos?”. Nesse sentido, consideramos importante aprofundar as discussões sobre a relação entre as ações manifestadas pela professora e a potencialidade das mesmas para o desenvolvimento desses conhecimentos.

Sobre as ações que podem contribuir para o desenvolvimento dos conhecimentos processuais dos alunos, consideramos que aquelas manifestadas pela professora no tema *processo* têm esse potencial. Essas ações envolveram os alunos na prática científica de construir argumentos, coletar, analisar e interpretar os dados; justificar as afirmativas de conhecimento etc. De forma geral, as ações associadas ao tema *processo* podem favorecer o trabalho com conhecimentos processuais, porque elas contribuem para que o conhecimento

deixe de ser visto como absoluto nas salas de aula, passe a ser trabalhado numa perspectiva mais reflexiva e crítica (Henderson *et al.*, 2018). Em outras palavras, a promoção de situações argumentativas no ensino dos conteúdos científicos curriculares que é favorecida pelas ações de *processo* pode contribuir para que os alunos percebam o papel da argumentação na produção e validação das afirmativas de conhecimento científico.

Consideramos que as ações relacionadas aos temas *estrutura* e *função* podem favorecer o desenvolvimento dos conhecimentos epistêmicos dos alunos porque ações dessa natureza podem contribuir para que eles, respectivamente, compreendam o significado de elementos específicos relativos à argumentação (por exemplo, evidência, refutação etc.) e reflitam sobre o papel da argumentação nos discursos envolvidos na construção do conhecimento. Em outras palavras, defendemos que o fato de a professora, por exemplo, discutir o conceito de evidência pode contribuir para que os alunos entendam que esse termo tem um significado no contexto da ciência diferente daquele que tem no contexto social. Quando dizemos que algo é evidente no cotidiano, estamos nos referindo a uma relação direta entre uma observação e uma conclusão. Porém, em ciência, para que um dado seja utilizado como uma evidência é preciso que este seja interpretado à luz de um conhecimento teórico, pois somente assim pode dar suporte a alguma afirmativa. Da mesma forma, assumimos que a reflexão sobre os objetivos da argumentação e sobre a construção dos argumentos frente a esses objetivos seja uma forma de contribuir para que os alunos entendam o processo argumentativo desenvolvido durante a construção e validação das afirmativas de conhecimentos científicos.

Diante disso, destacamos que apesar de assumirmos que as ações associadas aos temas *estrutura* e *função* possam contribuir para o desenvolvimento dos conhecimentos epistêmicos dos alunos, reconhecemos que a professora manifestou apenas três ações relativas à *estrutura* e duas ações que dizem respeito à *função*. Assim, apesar do potencial de tais ações para contribuir para que os alunos desenvolvessem seus conhecimentos epistêmicos, pensando na frequência com que elas foram manifestadas (evidenciadas nos gráficos 4 e 5 e no quadro 5), julgamos que isto não seria possível. Ou seja, mesmo sem uma investigação sobre a aprendizagem dos alunos, assumimos como plausível afirmar que o fato de a professora ter manifestado tais ações de forma pontual e, na maioria dos casos, apenas

uma vez, pode não ter sido suficiente para que os alunos estabelecessem as relações discutidas anteriormente, ou pudessem responder por que eles acreditavam no que acreditavam.

Pensando mais amplamente

Por fim, diante de todas as discussões realizadas a partir das três questões de pesquisa, enfatizamos que esse trabalho foi sustentado principalmente pelas ideias de que:

- A argumentação é prática central na ciência porque esta está presente na etapa de produção, validação, legitimação e divulgação do conhecimento científico;
- No ensino de ciências, a argumentação pode contribuir para o ensino *de* e *sobre* a ciência, o que implica em contribuições para o desenvolvimento dos conhecimentos conceitual, processual e epistêmico dos alunos; e
- Os conhecimentos docentes referentes à argumentação são melhor caracterizados e descritos a partir do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* do que a partir do construto PCK, pois este trata apenas dos conhecimentos de conteúdo científico curricular.

Tendo em vista estes aspectos e frente às nossas conclusões, apontamos que: por ser uma prática central na ciência, a argumentação pode ser concebida no ensino de ciências como uma abordagem de ensino, visto que esta é adequada ao ensino dos diferentes conteúdos científicos curriculares a partir de estratégias de ensino variadas. Em outras palavras, a partir da análise dos nossos resultados, percebemos que a prática argumentativa pode permear o processo de ensino de qualquer conteúdo científico curricular, desde que tal conteúdo não seja tratado como algo *verdadeiro* e absoluto, ou seja, a argumentação entrará *em jogo* sempre que houver a manifestação e validação de diferentes ideias e que as afirmativas de conhecimento sejam avaliadas e discutidas à luz de evidências e dos conhecimentos prévios dos sujeitos envolvidos.

Além disso, as conclusões desse trabalho apontam que as oportunidades para os alunos desenvolverem seus conhecimentos processuais e epistêmicos podem ser criadas a partir das *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*. Porém, para que de fato isso

ocorra é necessário que o professor tenha conhecimentos sobre argumentação e tenha a intenção de ensinar argumentação explicitamente, o que favorece às discussões sobre o papel da argumentação na ciência.

No que diz respeito aos conhecimentos docentes relativos à argumentação, percebemos que investigar as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*, propostas como um dos elementos do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*, em situações de ensino de conteúdo científico curricular, contribuiu para que percebêssemos que há relações entre os conhecimentos docentes na dimensão da argumentação e os conhecimentos docentes referente ao conteúdo científico curricular. Isso significa que o processo de ensino envolvendo argumentação é influenciado tanto pelos conhecimentos e intenções do professor para o ensino de argumentação quanto pelos seus conhecimentos e intenções relativas ao ensino do conteúdo científico curricular. Tais relações não seriam possíveis de serem percebidas se tivéssemos optado por retratar os conhecimentos docentes relativos à argumentação como PCK. Isto porque, em uma investigação sobre o *PCK de argumentação* a atenção do pesquisador está centrada apenas nos conhecimentos de argumentação do professor e em como ele ensina argumentação.

As conclusões apresentadas nesse capítulo iluminaram às discussões sobre as implicações desse trabalho para a pesquisa e a formação docentes em relação à argumentação. Principalmente, essas conclusões nos deram *insights* para repensar a proposição do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*, porque elas apontaram outras formas de pensar as relações entre os elementos apresentados no modelo (figura 2), assim como as relações dos conhecimentos relativos à argumentação do professor e seus conhecimentos na dimensão do ensino de conteúdo científico curricular. Esses *insights* são apresentados e discutidos em detalhes no capítulo de implicações (capítulo 7).

7 IMPLICAÇÕES

As conclusões apresentadas no capítulo anterior iluminaram principalmente o nosso entendimento sobre os conhecimentos docentes relativos à argumentação e como estes se relacionam com os outros conhecimentos do professor em situações de ensino regulares. Assim, essas conclusões atuaram como *insights* para repensar a representação do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* e o papel do professor no ensino de ciências envolvendo argumentação. Entendemos que a reformulação do modelo é uma das maiores contribuições deste trabalho porque ele pode iluminar pesquisas que visam compreender e acessar os conhecimentos docentes relativos à argumentação em situações reais de ensino. Além disso, a proposição de um modelo específico para mapear e retratar conhecimentos docentes para além da dimensão de conhecimento científico curricular evita compreensões inadequadas da proposta de inserir argumentação no ensino, visto que esta não deve ser encarada como um conteúdo a mais a ser somado à grade curricular, e sim como uma prática presente na ciência (Duschl, 2008b) e que deve ser desenvolvida com os alunos porque pode contribuir para a aprendizagem dos mesmos sobre ciências, de ciências e para a formação do raciocínio crítico (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Com o intuito de organizar as discussões desse capítulo, optamos por dividi-lo em três seções. Na primeira seção, apresentamos as contribuições desse trabalho para a reformulação do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* e justificamos tais modificações. Na segunda seção, tecemos as implicações para a pesquisa a partir da nova versão do modelo. Por fim, discutimos as implicações desta pesquisa e da reformulação do modelo para os programas de formação de professores, tanto na formação inicial quanto continuada.

7.1 REFORMULAÇÃO DO MODELO CONHECIMENTOS PARA AÇÃO DOCENTE EM ARGUMENTAÇÃO

Como destacado anteriormente, o modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* foi construído teoricamente a partir das perspectivas de argumentação presentes na literatura da área, e de propostas de programas de formação de professores em

argumentação. Portanto, esse modelo retratava a nossa compreensão, a partir dessas leituras, sobre os conhecimentos essenciais para que o professor possa trabalhar com argumentação em suas salas de aulas. Em termos de trabalhos empíricos, este foi o primeiro trabalho em que o modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* foi usado como referencial teórico para subsidiar a realização de uma investigação sobre um dos elementos elencados no modelo: as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*.

A oportunidade de utilizar o modelo para fundamentar as discussões e a investigação realizada nessa pesquisa implicou em uma análise crítica dos elementos inicialmente elencados no mesmo. Inicialmente, o modelo proposto em Ibraim (2015) e em Ibraim e Justi (2016) apresentava as *habilidades para conduzir situações argumentativas* como um elemento de conhecimento do professor, o qual poderia ser desenvolvido em situações de ensino em contextos de formação inicial ou continuada. Porém, ao discutir o modelo nesse trabalho, inferimos que tais habilidades podem ser desenvolvidas pelo professor a partir das oportunidades que ele tem de ensinar ciências envolvendo argumentação. Ou seja, as oportunidades de ensinar ciências envolvendo argumentação e refletir sobre as mesmas podem contribuir para que o professor desenvolva suas *habilidades para conduzir situações argumentativas*. Esse pensamento foi respaldado em nessa pesquisa porque a professora relatou que, conforme ela ia trabalhando a argumentação em suas aulas, envolvendo os alunos na prática argumentativa e repensando a sua prática frente à perspectiva da argumentação, ela se tornava mais confiante e apta para ensinar ciências envolvendo argumentação. Portanto, antes mesmo de uma investigação empírica, esse estudo implicou em uma reflexão sobre os elementos presentes no modelo, o que resultou na exclusão de um deles: as *habilidades para conduzir situações argumentativas*.

Os resultados encontrados a partir da investigação da primeira e da segunda questão de pesquisa, ou seja, a identificação e caracterização das ações que a professora manifestou em situações regulares de ensino de conteúdos científicos curriculares e as relações entre essas ações e as estratégias de ensino utilizadas por ela, nos deram um *insight* sobre a representação do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*.

Primeiramente, a partir do estudo das *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* foi possível elencar 48 tipos de ações que podem contribuir para o trabalho

com argumentação nas salas de aulas, o que possibilita uma investigação mais detalhada da prática dos professores no contexto de ensino envolvendo argumentação. Além disso, ao trabalhar com os diferentes tipos de *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*, foi possível estabelecer similaridades entre as elas e criar temas amplos que as alocassem de acordo com suas naturezas. Assim, criamos quatro grupos de ações relativas: ao *processo* de argumentar; à *estrutura* do argumento e dos elementos presentes no processo argumentativo; à *função* da argumentação e dos elementos presentes no processo argumentativo; e ao *suporte* dado pelo professor para que a argumentação seja desenvolvida em sala de aula.

Além disso, os fatos de termos trabalhado com um conjunto de muitas ações e de elas apresentarem um grande nível de detalhamento nos possibilitaram estabelecer relações entre as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* e os demais conhecimentos presentes no modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*. Por exemplo, percebemos que a ação *exemplificar o conceito de evidência* do tema *estrutura* está atrelada ao *conhecimento sobre argumentação* da professora, especificamente, ao *conhecimento sobre elementos básicos de um argumento*, nesse caso, a evidência. Em outras palavras, sem o conhecimento sobre o que é uma evidência, dificilmente a professora seria capaz de realizar tal ação. Com isso, atentamos para o fato de as ações serem intrinsecamente dependentes dos outros elementos presentes no modelo. Assim, entendemos que para haver a manifestação ou o desenvolvimento de *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* é preciso que antes o professor tenha desenvolvido alguns conhecimentos relativos à argumentação. Diante disso, reconhecemos que as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* não poderiam estar no mesmo nível hierárquico dos demais elementos, isto é, este não poderia ser representado em uma das caixas apresentadas ao lado esquerdo da figura 2, como estava sendo feito, uma vez que as ações estão estreitamente relacionadas a todos os elementos elencados no modelo.

Além disso, observamos que há relações entre as estratégias de ensino e a mobilização de *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*. Por exemplo, a estratégia de modelagem influenciou as ações manifestadas pela professora, no sentido de que a mesma mobilizou ações relacionadas à persuasão nas aulas em que os alunos foram

engajados nas etapas de teste e/ou avaliação dos modelos construídos e socializaram essas ideias. A partir desses resultados, repensamos a representação dos *conhecimentos sobre argumentação* e dos *aspectos pedagógicos no contexto de ensino envolvendo argumentação*. Na figura 2, essas duas dimensões de conhecimento eram representadas em lados opostos da figura, o que poderia ser interpretado como indicativo de uma dicotomia entre estas duas dimensões de conhecimentos do professor.

Frente às considerações apresentadas, especialmente os relacionamentos percebidos entre diferentes elementos dos conhecimentos para ação docente em argumentação, as duas dimensões de conhecimento – *conhecimentos sobre argumentação* e *aspectos pedagógicos no contexto de ensino envolvendo argumentação* – assim como os elementos relacionados a cada uma delas são representados, na nova versão do modelo, nas faces de uma pirâmide (figura 4).

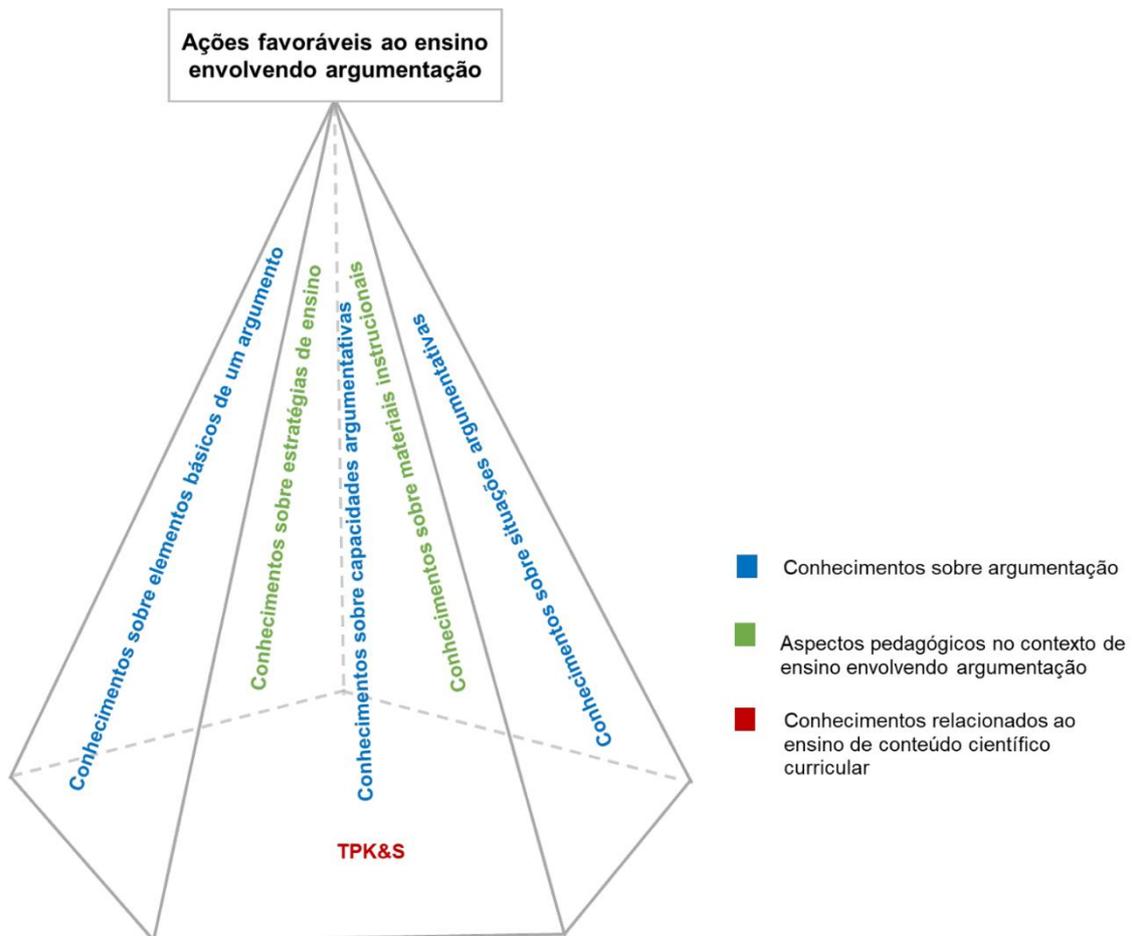


Figura 4: Versão revisada do modelo Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação.

Ademais, frente às relações identificadas entre as ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação e os outros elementos do modelo, optamos por representá-las no topo da pirâmide e não em uma de suas faces, uma vez que elas estão ancoradas nos demais conhecimentos. Salientamos que o objetivo principal dessa representação é enfatizar a importância dos outros conhecimentos na constituição e manifestação dessas ações. Por isso, eles foram expressos nas ‘paredes’ que constituem a pirâmide e as ações foram colocadas no topo da mesma. Em outras palavras, a partir dessa representação, enfatizamos o papel dos conhecimentos docentes relativos à argumentação nas dimensões conceitual e pedagógica, os quais foram expressos em termos dos elementos, no desenvolvimento das ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação e para a manifestação das mesmas em situações reais de ensino. Diante disso, o modelo Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação passou a ser representado em uma pirâmide pentagonal, visto que, até o momento, elencamos cinco elementos relacionados às dimensões de conhecimento relativas à argumentação.

Além de propor uma nova representação para o modelo, percebemos a necessidade de incluir um novo elemento que estivesse relacionado à dimensão de ensino de conteúdo científico curricular. Essa necessidade é decorrente da análise das *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* manifestadas pela professora em situações reais de ensino de conteúdos científicos curriculares. Concluímos que as ações identificadas nesse trabalho enfatizaram a argumentação no que diz respeito ao trabalho com evidências e justificativas e estavam menos relacionadas ao ensino explícito de argumentação, o que implicaria na mobilização de ações relativas ao tema *estrutura e função*; e que isso foi resultante dos objetivos de ensino e das intenções da professora para o mesmo. Além disso, tal como Willians (2011), assumimos que o ensino de argumentação não deveria ocorrer deslocado do ensino de conteúdo científico curricular porque é importante que os alunos aprendam a embasar seus argumentos em conhecimentos científicos para que possam argumentar em discussões que perpassam tal conhecimento e saibam avaliar os argumentos apresentados nessas discussões.

Frente a isso, julgamos importante que conhecimentos relacionados ao ensino de conteúdos científicos curriculares fossem representados na nova versão do modelo. Para

identificar esses conhecimentos, recorreremos à literatura da área de conhecimentos docentes e, a partir de leituras sobre os modelos de conhecimentos docentes, optamos por representar esse domínio de conhecimento a partir do construto *Conhecimentos e Habilidades Profissionais de Professores (TPK&S²⁷)* (Gess-Newsome, 2015). O TPK&S foi proposto a partir de discussões entre pesquisadores da área e retrata as conexões entre os conhecimentos docentes, a prática em sala de aula, e os resultados dos alunos. Em linhas gerais, o TPK&S é um modelo pensado a partir de discussões ocorridas desde a elaboração do constructo PCK, na década de 1980, até o ano de 2012, ano de sua divulgação, e retrata uma visão contemporânea sobre os conhecimentos docentes relativos ao ensino de conteúdos científicos curriculares e suas relações com as situações de ensino-aprendizagem. Por isso, ao fazer menção a esse domínio de conhecimento do professor, optamos por usar o TPK&S, ao invés de o PCK, construto mais conhecido na literatura para caracterizar conhecimentos docentes.

Diante dessa consideração e frente à nova versão do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* representada como uma pirâmide que tem nas faces os elementos relativos à argumentação e no topo as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*, representamos o TPK&S na base da pirâmide. Tal organização, assim como as relações representadas por ela são significativamente diferentes do que havia sido retratado na versão anterior do modelo (Ibraim, 2015; Ibraim e Justi, 2016). Ao dispor o TPK&S na base do nosso modelo, estamos assumindo que um professor não pode trabalhar com a prática argumentativa e favorecer o desenvolvimento da argumentação de seus alunos sem ter conhecimentos sobre o seu objeto de ensino: o conhecimento na dimensão científico curricular. Por exemplo, para o que o professor possa envolver os alunos em um processo de avaliação de conclusões sobre um determinado conhecimento, é preciso que ele conheça quais são as evidências disponíveis para esse conhecimento e que são acessíveis aos seus alunos, quais materiais e estratégias podem dar subsídio para o desenvolvimento do conhecimento científico curricular e da argumentação etc. Ou seja, em uma situação real de

²⁷ Em inglês, *'Teacher Professional Knowledge and Skill'*. Devido à ampla utilização da sigla TPK&S na literatura mundial, optamos nesse trabalho por adotá-la ao invés da sigla que remeta o termo em português.

ensino envolvendo argumentação, o conhecimento do professor sobre o objeto de ensino pode influenciar o seu conhecimento relativo à argumentação e vice-versa.

Em relação à representação do TPK&S no modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*, ressaltamos que isso não impede que, em determinados momentos do ensino, o professor ensine exclusivamente argumentação, sem envolver um conteúdo científico curricular. Isso é possível porque entendemos que os elementos elencados no TPK&S permitem ao professor avaliar a sua prática e os objetivos de ensino e determinar quais outras discussões devem ocorrer em sala de aula e em quais momentos elas são oportunas para favorecer a aprendizagem dos estudantes.

Por fim, reconhecemos a possibilidade de este modelo ser representado em uma pirâmide com seis ou mais faces, uma vez que outros elementos podem ser apontados como essenciais aos conhecimentos docentes para o ensino envolvendo argumentação. Por exemplo, recentemente pesquisadores têm apontado a importância de o professor ter conhecimentos e ferramentas que o permitam acessar e avaliar a argumentação desenvolvida pelos seus alunos, de forma que ele possa estabelecer os próximos passos no processo de ensino e aprendizagem (Henderson *et al.*, 2018). Nesse sentido, os conhecimentos sobre avaliação podem vir a ser representados em outra face da pirâmide. Isto não foi feito no modelo atual em função de ainda não termos nos dedicado a estudar mais detalhadamente o significado e as implicações deste elemento nos conhecimentos e na prática de professores de ciências.

Salientamos que, embora o número de faces da pirâmide possa aumentar, para representar a caracterização de conhecimentos docentes que idealizamos, é importante que sua estrutura seja mantida. Em outras palavras, é essencial manter o TPK&S na base da pirâmide, os conhecimentos relativos à argumentação nas faces e as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* no topo. Isto porque os objetivos e os resultados que os professores estabelecem para seus alunos, aspectos relacionados ao TPK&S, e o entendimento do professor sobre a prática científica de argumentar, isto é, seus conhecimentos relativos à argumentação, são fatores que impactam na forma como o professor trabalha com argumentação no contexto de ensino (Mcneill *et al.*, 2016). Ou seja,

tais elementos impactam nas *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* realizadas pelo professor nas situações de ensino.

7.2 CONTRIBUIÇÕES PARA A PESQUISA

Uma implicação deste trabalho para a área de pesquisa se refere às discussões sobre quais são os conhecimentos necessários ao professor para que ele possa trabalhar com argumentação em sala de aula e como caracterizá-los.

Como discutido no capítulo de revisão da literatura, McNeill e colaboradores (McNeill e Knight, 2013; McNeill *et al.*, 2015) têm caracterizado os conhecimentos docentes relativos à argumentação a partir do construto PCK. Para esses autores, o *PCK de argumentação* retrata os conhecimentos do professor sobre argumentação, sobre as dificuldades de aprendizagem apresentadas pelos alunos em relação à argumentação e sobre as estratégias adequadas ao ensino de argumentação. Portanto, esses pesquisadores optaram por fazer uma analogia entre o construto PCK, inicialmente proposto por Shulman (1986), e o *PCK de argumentação*, de tal forma que eles estabeleceram relações de similaridades entre os elementos de domínio de conhecimento científico curricular propostos no PCK e os conhecimentos relativos à argumentação. Porém, como toda analogia, esta também apresenta limitações.

A primeira limitação está relacionada ao fato de que, ao caracterizar os conhecimentos dos professores relativos à argumentação como PCK, estamos assumindo, mesmo que implicitamente, que a argumentação pode ser pensada como um tópico específico de conteúdo. Isto porque as pesquisas na área sobre conhecimentos docentes relacionadas ao PCK, têm apontado que este está estreitamente relacionado ao tópico de conteúdo que é ensinado pelo professor. Essa relação tem sido justificada e mais bem discutida por Mavhunga e Rollnick (2013) ao apresentarem o construto *Topic Specific PCK* (TSPCK)²⁸. Sendo assim, o problema de caracterizar tais conhecimentos como um tipo de PCK ou TSPCK é o fato de alimentarmos um erro comum e presente na mente dos professores de que a prática de argumentar e os conhecimentos relacionados a ela significam um acréscimo

²⁸ Em português significa PCK em tópico específico. Optamos por utilizar o nome e as siglas em inglês devido à sua ampla utilização na literatura da área de conhecimento docente.

de conteúdo às grades curriculares e, por isso não são viáveis de serem trabalhados no ensino regular, porque este já conta com uma grade curricular exagerada frente o tempo escolar.

Somado a isso, a segunda limitação associada a ideia de *PCK de argumentação* se refere ao fato de este construto poder caracterizar os conhecimentos de argumentação do professor apenas quando pensamos em situações nas quais este tem a intenção explícita de ensinar argumentação. Por exemplo, o conhecimento sobre as dificuldades de aprendizagem dos alunos sobre argumentação só pode ser caracterizado e investigado em situações nas quais o objetivo do professor é unicamente ensinar os alunos a argumentar. Apesar de reconhecermos a validade de o professor considerar tais dificuldades, ressaltamos que, em processos regulares de ensino, as situações nas quais o professor ensina apenas argumentação são menos recorrentes, ou são pontuais. Na maior parte do tempo, o professor ensina conteúdos científicos curriculares e, por isso, apostamos em um ensino de argumentação que perpassa o ensino dos conteúdos científicos. Logo, consideramos que a ideia de *PCK de argumentação* é limitada quando pensamos na caracterização e investigação dos conhecimentos docentes de argumentação à luz das situações reais de ensino.

Considerando tais discussões e a versão reformulada do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*, ressaltamos as contribuições de tal modelo para a caracterização dos conhecimentos docentes no contexto da argumentação. Isto resulta de, na nova versão do modelo, serem representados:

- elementos de conhecimentos sobre argumentação: *conhecimentos sobre os elementos básicos de um argumento, conhecimentos sobre as capacidades argumentativas e conhecimentos sobre as situações argumentativas;*
- elementos de conhecimentos relacionados aos aspectos pedagógicos no contexto de ensino envolvendo argumentação: *conhecimentos sobre estratégias de ensino e conhecimentos sobre materiais instrucionais;*
- um elemento de conhecimento na dimensão de ensino conteúdos científicos curriculares: *TPK&S;* e
- um elemento relativo ao favorecimento do desenvolvimento da argumentação nas salas de aulas: *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação.*

Dessa forma, a nova versão do modelo caracteriza melhor a complexidade dos conhecimentos docentes relativos à argumentação porque pressupõe inter-relações entre os diferentes conhecimentos do professor. Além disso, ele possibilita a investigação dos conhecimentos do professor em sala de aula ao propor a existência de um elemento que descreve como o professor insere ou trabalha com a argumentação no processo de ensino.

Esse modelo traz como implicação para a pesquisa a possibilidade de favorecer a análise dos conhecimentos docentes em argumentação em situações regulares de ensino de conteúdos científicos curriculares, ou seja, a proposta não é restrita apenas às investigações em situações de ensino explícito de argumentação. Um desdobramento dessa implicação é, por exemplo, a possibilidade de investigar como os conhecimentos do professor no domínio de conteúdo científico curricular se relacionam com seus conhecimentos para ação docente em argumentação em diferentes situações de ensino. Esse tipo de investigação envolve um estudo detalhado do conhecimento de conteúdo do professor e de aspectos de seu TPK&S, bem como dos elementos elencados no modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*. Ainda, os resultados dessa pesquisa podem iluminar discussões sobre as relações entre os diferentes domínios de conhecimento do professor.

Além disso, o fato de não termos limitado o número de faces da pirâmide usada para representar o modelo pode inspirar novas pesquisas no sentido de identificar outros conhecimentos necessários ao professor para a ação docente em argumentação. Por exemplo, na seção anterior, a partir do trabalho Henderson *et al.* (2018), apontamos a possibilidade de o elemento conhecimentos sobre avaliação no contexto da argumentação ser incluído na pirâmide, visto a necessidade de os professores analisarem o desenvolvimento dos alunos e definirem os próximos passos no processo de ensino. Essa possibilidade implica em realizar pesquisas sobre quais conhecimentos podem compor o elemento de conhecimento avaliação e como esse elemento se relaciona com os demais conhecimentos do professor relativos à argumentação e com os conhecimentos do professor na dimensão de conteúdos científicos curriculares.

Outra implicação do modelo para a pesquisa se refere à proposição do elemento *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*. Isto porque esse elemento pode contribuir para as pesquisas que visam investigar o conhecimento e o entendimento do

professor sobre argumentação e a manifestação dos mesmos no contexto de ensino. Como apresentado anteriormente, as ações são divididas em quatro temas (*processo, estrutura, função e suporte*) e, a partir delas, o pesquisador pode apontar indícios dos objetivos do professor relacionados à prática argumentativa e aos resultados que ele espera que os alunos atinjam. Por exemplo, as ações elencadas no tema *estrutura* se referem ao domínio conceitual da argumentação, isto é, envolvem aspectos conceituais sobre os elementos básicos de um argumento e das capacidades argumentativas. Portanto, ao investigar uma sala de aula e observar uma forte ênfase nas ações do tipo *estrutura*, é possível inferir que a intenção do professor ao trabalhar com argumentação em sala de aula é favorecer a aprendizagem conceitual da mesma, ou sobre os elementos presentes na argumentação. Em outras palavras, o foco do professor é um ensino explícito de argumentação. Além disso, ao manifestar ações do tipo *estrutura*, o professor deixa transparecer seus conhecimentos sobre argumentação. Por exemplo, ao *apresentar o conceito de evidência*, o professor expressa seu entendimento sobre o mesmo e, portanto, o pesquisador tem acesso ao conhecimento do professor relativo à argumentação em um contexto real de ensino.

Diante do exposto, destacamos que o elemento *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*, incluído no modelo, significa um importante elemento dos conhecimentos do professor visto que ele é constituído das ações realizadas pelo mesmo em sala de aula que podem contribuir para a criação e para o desenvolvimento de um ambiente argumentativo. Em outras palavras, ele diz respeito a como o professor insere e trabalha com a prática argumentativa no contexto de ensino. Assim, julgamos importante dialogar com outros trabalhos que investigaram as ações docentes favoráveis ao desenvolvimento da argumentação no contexto de ensino. Para isso, tomamos como referencial os trabalhos de Chiaro e Leitão (2005) e de Ferraz e Sasseron (2017), visto que são dois dos poucos trabalhos no contexto nacional que visam a discussão sobre as ações do professor relacionadas à argumentação.

Chiaro e Leitão (2005) apontam que os tópicos curriculares favorecem menos a discussão em sala de aula do que os assuntos controversos cotidianos e, por isso, os professores precisam desempenhar algumas ações a fim de tornar esses tópicos discutíveis. Segundo essas autoras, tais ações estão relacionadas ao plano pragmático e se referem às

ações realizadas pelos professores para que o discurso se torne argumentativo. Em contrapartida, trabalhos da área de ensino de ciências (por exemplo, Carvalho, 2013; Christodoulou e Osborne, 2014; Ferraz e Sasseron, 2017), assim como este trabalho, partem do pressuposto de que o ensino por investigação contribui para que os tópicos de conteúdo se tornem discutíveis, pois, a partir dessa abordagem, os alunos lidam com um problema em aberto que permite a formulação de respostas divergentes, o que abre espaço para a ocorrência da argumentação. Porém, reconhecemos que o fato de a perspectiva de ensino favorecer a prática argumentativa não é condição suficiente para garantir que a mesma irá ocorrer. Dessa forma, salientamos a importância de pensar em ações que são realizadas pelos professores no sentido de engajar os alunos na discussão. Neste trabalho, essas ações foram contempladas no tema *suporte*.

Assim, algumas das ações de professores direcionadas a tornar um tema discutível ocorrem anteriormente à prática em sala de aula, no momento de seleção dos materiais e organização da sequência de ensino, e estão associadas à *reflexão para ação docente*²⁹ (Schön, 1991). Pensando no modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*, um dos pontos de partida para que o professor torne um tópico discutível são seus conhecimentos sobre *materiais instrucionais e estratégias de ensino*, pois estes contribuem para que o professor inicie a discussão sobre o conteúdo a partir de uma abordagem argumentativa, e para que a visão científica seja construída a partir de uma análise crítica de evidências usadas para sustentar cada uma das visões em discussão. Frente a isso, consideramos que as ações no plano pragmático, como proposto por Chiaro e Leitão (2005), ganham mais sentido quando pensamos a prática de professores desvinculada de uma abordagem de ensino, ou dos objetivos de ensino assumidos pelo mesmo. Caso contrário, estas poderiam ser pensadas como conhecimentos de materiais instrucionais ou de estratégias de ensino e fazer parte das escolhas do professor antes da prática docente em sala.

Tendo em vista a centralidade da prática argumentativa no trabalho científico, Ferraz e Sasseron (2017) buscaram investigar ações docentes que podem contribuir para que o professor instaure e promova a argumentação em sala de aula a partir de uma atividade

²⁹ A reflexão para ação docente está relacionada aos conhecimentos implícitos na ação que sustentam a reflexão desencadeada anteriormente à realização da ação pedagógica (Shön, 1991).

investigativa e propuseram cinco propósitos epistêmicos – *retomar, problematizar, explorar, qualificar e sintetizar* – na tentativa de compreender e analisar as ações do professor. Entre as ações elencadas pelos autores, encontramos ações como, por exemplo, *retomar dados, propor um problema, explorar pontos de vista, qualificar explicações e sintetizar informações*. Julgamos que as ações descritas em Ferraz e Sasseron (2017) são amplas e estão mais relacionadas aos propósitos epistêmicos da investigação do que aos da prática argumentativa. Com isso, não estamos dizendo que consideramos que a investigação e a argumentação devam ser desvinculadas – algo que este próprio trabalho mostrou que não acontece. Entretanto, tais ações e propósitos epistêmicos descrevem aspectos presentes nas etapas da investigação, as quais são bem discutidas em Carvalho (2013). Por isso, indagamos a validade desses propósitos para a promoção da argumentação em contextos diferentes daqueles nos quais os alunos participam de investigações.

Diante dessas discussões, salientamos que não é consensual entre os pesquisadores o entendimento sobre o que significam ou quais são as ações que professores podem realizar para criar um ambiente argumentativo e engajar os alunos no mesmo. McNeill, Gonzalez-Howard, Katsh-Singer e Loper (2017) destacam a necessidade de haver um entendimento comum sobre argumentação, para que a mesma não seja associada a uma diversidade de abordagens de ensino, pois isso compromete a compreensão sobre o ensino envolvendo argumentação e o desenvolvimento de pesquisas sobre esta prática (Henderson *et al.*, 2018). Consideramos que essa preocupação também é válida para as pesquisas sobre o papel de professores e as ações desempenhadas por eles no processo de ensino pautado em argumentação. Portanto, há necessidade de os pesquisadores que têm se dedicado a investigar e discutir as ações realizadas pelos professores que são favoráveis ao ensino envolvendo argumentação estabelecerem um diálogo, no sentido de discutir as potencialidades e limitações de cada instrumento de análise, visando construir um entendimento comum sobre quais ações docentes podem ser consideradas favoráveis ao ensino envolvendo argumentação e em quaisquer situações de ensino.

Nesse sentido, destacamos que uma contribuição de pensar as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* na perspectiva do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* é o fato de podermos relacioná-las com os conhecimentos de

professores na dimensão conceitual da argumentação, ou seja, sobre argumentação, e na dimensão pedagógica. Ao relacionar esses conhecimentos, podemos pensar em ações de professores direcionadas ao ensino do conteúdo científico a partir da argumentação como, por exemplo, *encorajar os alunos a apresentar justificativa(s) para sua(s) afirmação(ões)*, bem como ações relacionadas ao ensino sobre a prática argumentativa como, por exemplo, *definir e exemplificar o conceito de evidência*.

Retomando a estrutura do modelo proposto nesse trabalho, ressaltamos que o modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* envolve tanto conhecimentos associados à natureza da prática argumentativa quanto conhecimentos da dimensão pedagógica que são importantes para que o professor possa inserir argumentação em sua sala de aula, além de envolver as ações fundamentais às situações de ensino envolvendo argumentação e o TPK&S. Embora este modelo tenha sido pensado para o contexto de ensino envolvendo argumentação e, portanto, leve em consideração as especificidades e os conhecimentos relativos à argumentação, apontamos que modelos similares podem ser construídos, a partir de raciocínios análogos, para outros domínios de conhecimentos que não podem ser caracterizados como PCK ou TSPCK. Por exemplo, a partir do entendimento dos elementos que compõem os *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação*, pesquisadores podem investigar e propor um modelo similar para representar os conhecimentos docentes para o ensino envolvendo aspectos de natureza da ciência, ou para o ensino envolvendo outras práticas científicas. Dessa forma, uma contribuição desse trabalho é abrir uma frente de pesquisas direcionada a caracterizar conhecimentos docentes em domínios diferentes do conteúdo científico curricular a partir da ideia de conhecimento docente para o ensino envolvendo práticas científicas. A nosso ver, tais pesquisas podem não só caminhar no sentido de caracterizar os conhecimentos docentes em outros domínios que não o de conteúdo, mas também buscar compreender como esses conhecimentos se inter-relacionam.

Por fim, tendo em vista a terceira questão de pesquisa desse trabalho, na qual buscamos investigar as oportunidades de desenvolvimento dos conhecimentos processuais e epistêmicos dos alunos a partir das *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*, destacamos que o nosso estudo aponta uma possível relação entre a natureza das ações, isto

é o tema das mesma (*processo, estrutura, função e suporte*), e a criação de tais oportunidades. Entretanto, o fato de não termos investigado os alunos, em outras palavras, de não termos buscados indícios do desenvolvimento desses conhecimentos na participação dos alunos, implica na necessidade de que novos estudos sejam realizados para investigar a relação entre às ações manifestadas pelo professor e o efetivo desenvolvimento dos conhecimentos processuais e epistêmicos dos alunos. Isto porque sabemos que as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* relativas aos temas *processo, estrutura e função* podem contribuir para que os alunos desenvolvam esses conhecimentos. Porém, não temos conhecimentos sobre como os alunos reagem às ações manifestadas pelo professor ou, ainda, se essas oportunidades resultam no desenvolvimento efetivo dos conhecimentos dos alunos.

Além disso, é importante que tais pesquisas sejam desenvolvidas em contextos de ensino nos quais o professor tenha a intenção explícita de trabalhar com, e ensinar sobre, a prática científica argumentação. A partir dos nossos resultados, observamos que a intenção do professor influencia fortemente a atenção que o mesmo dá aos aspectos relacionados à estrutura e função da prática argumentativa. Consideramos que pesquisas dessa natureza podem contribuir para o entendimento sobre como favorecer o desenvolvimento dos conhecimentos processuais e epistêmicos dos alunos a partir de situações de ensino envolvendo argumentação.

7.3 CONTRIBUIÇÕES PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES

As discussões sobre a proposta de caracterização dos conhecimentos docentes relativos à argumentação a partir da ideia de *PCK de argumentação* ou por meio do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* também são significativas quando pensamos na formação de professores. Salientamos que ambas propostas trazem em sua essência os *conhecimentos sobre argumentação* como fundamentais para que o professor possa envolver seus alunos na prática argumentativa em sala de aula. Porém, se utilizássemos o constructo *PCK de argumentação* para orientar os cursos de formação de professores focados em argumentação, as discussões estariam centradas apenas no ensino de argumentação porque as concepções dos alunos seriam pensadas no contexto de argumentação, as formas de avaliação seriam relacionadas à aprendizagem de argumentação etc.

Por outro lado, o uso do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* para orientar programas de formação no contexto da argumentação parece ser significativo porque ele:

- ressalta a necessidade de os professores desenvolverem conhecimentos relativos à argumentação na dimensão conceitual e em relação aos aspectos pedagógicos coerentes com os contextos de ensino envolvendo argumentação;
- salienta a importância de que, durante os momentos de formação, os professores tenham oportunidades de conhecer e desenvolver ações que poderão ser desempenhadas por eles em sala de aula e que poderão contribuir para o trabalho com argumentação;
- destaca a relevância do conhecimento sobre os objetivos de ensino frente ao contexto de ensino envolvendo argumentação; e
- enfatiza a relação entre os conhecimentos docentes de argumentação e os conhecimentos sobre o objeto de ensino ao representar o TPK&S.

Portanto, o uso desse modelo na orientação de programas de formação de professores no contexto de argumentação implica na proposição de programas mais complexos que visem articular diferentes dimensões de conhecimentos do professor e o desenvolvimento de conhecimentos relacionados às situações práticas de ensino envolvendo argumentação.

Em geral, alguns programas de formação em argumentação (Simon *et al.*, 2006; por exemplo, McNeill e Knight, 2013) têm enfatizado a importância dos elementos que compõem um argumento, principalmente as evidências, e o desenvolvimento de materiais que contribuem para o desenvolvimento da argumentação em sala de aula. Dessa forma, consideramos que esses programas trabalham a argumentação como uma estratégia de ensino que pode ser desenvolvida pelo professor em momentos determinados com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento de capacidades e habilidades específicas dos alunos. Ou seja, nesse caso, a argumentação não está necessariamente vinculada aos processos de construção, validação e legitimação de conhecimento na ciência, isto é, ela pode não ser abordada e discutida como uma prática científica. Isto pode contribuir para que os professores

aprendam a trabalhar com argumentação em contextos naturalmente controversos como, por exemplo, por meio de questões sociocientíficas. Mas, estes podem não desenvolver conhecimentos que os permitam relacionar o ensino de argumentação e de conteúdos científicos curriculares. Ou, em outras palavras, os professores podem não perceber as potencialidades da argumentação como abordagem didática, a qual pode ser trabalhada em diferentes situações de ensino e no ensino dos vários conteúdos científicos.

Diante disso, destacamos a pertinência de pensar os programas de formação no contexto da argumentação tendo como base o modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* pois, a partir de seus elementos, este pressupõe a importância de os professores saberem articular o ensino dos conteúdos científicos curriculares com a prática argumentativa que é inerente a ciência que ensinam. Por exemplo, durante os programas de formação nessa perspectiva, os professores poderão aprender sobre estratégias de ensino que são favoráveis ao ensino envolvendo argumentação, porém estes também deverão aprender a analisar criticamente as potencialidades dessas estratégias frente aos conteúdos científicos curriculares que serão ensinados. Assim, por exemplo, mais do saber que a estratégia de júri simulado é adequada ao contexto de ensino envolvendo argumentação, visto que ela pressupõe o embate de ideias, os professores deverão aprender a avaliar a adequação desta no contexto de ensino, percebendo suas limitações ou inadequações para determinados contextos.

Consideramos que, em programas de formação inicial, ensinar argumentação a partir da perspectiva do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* é ainda mais significativo porque nesse contexto os licenciandos também estão desenvolvendo seus conhecimentos de conteúdo e seus conhecimentos pedagógicos de conteúdo, ou seja, esses sujeitos ainda estão desenvolvendo seus conhecimentos para o ensino dos conteúdos científicos curriculares. Desta forma, a integração, ou mesmo a ocorrência simultânea dos ensinamentos de argumentação e de conteúdos científico curriculares pode favorecer aos licenciandos articular essas dimensões de conhecimentos nas situações de ensino, isto é, perceber o papel da argumentação na construção das afirmativas de conhecimento científico.

Com isso, defendemos que nos cursos de formação inicial o ensino de argumentação não deva ocorrer apenas em um momento pontual, tradicionalmente atribuído

às disciplinas sobre objeto de ensino. É preciso que todos os formadores assumam a sua responsabilidade com a formação do licenciando e deem oportunidades a esses sujeitos de vivenciarem um ambiente argumentativo e de aprenderem os conteúdos científicos de forma coerente com que é esperado que eles façam em suas futuras salas de ciências (Zemal-Saul, 2009).

Por fim, ressaltamos que outra contribuição potencial de fundamentar os programas de formação em argumentação a partir do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* é o fato de este enfatizar um elemento que diz respeito à prática do professor em sala de aula, ou relativo a como o professor translada seus conhecimentos sobre argumentação para o contexto de ensino. Consideramos que esse elemento contribui tanto com a formação inicial quanto para a formação continuada.

No contexto de formação inicial, o trabalho com as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* representam a oportunidade de os licenciandos observarem e conhecerem ações que podem ser realizadas por eles na intenção de criar e envolver os alunos em ambiente de ensino argumentativo. Além disso, esses licenciandos podem vivenciar situações – reais ou simuladas – nas quais eles são professores ensinando ciências envolvendo argumentação e, a partir disso, podem mobilizar *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* e refletir sobre o papel do professor nesse processo, o que pode contribuir para o desenvolvimento de suas *habilidades favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*. Experiências em curso têm apontado resultados significativos em relação ao ensino de argumentação na perspectiva do modelo *Conhecimentos para Ação Docente em Argumentação* e o desenvolvimento dos conhecimentos sobre as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação*.

Em contrapartida, no contexto da formação continuada, o trabalho com as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* pode contribuir para que o professor estabeleça relações entre a sua prática docente e a perspectiva de ensino envolvendo argumentação. Isso pode contribuir para que o mesmo perceba similaridades e diferenças entre a sua prática docente e a perspectiva de ensino envolvendo argumentação. Salientamos que, nesse trabalho, ao discutir com a professora sobre argumentação e sua prática docente, buscamos enfatizar os momentos em que ela trabalhou com os alunos aspectos de

argumentação. Isso parece ter contribuído para que ela estabelecesse relações entre a sua prática docente usual e o ensino envolvendo argumentação e, ainda que ela criasse momentos argumentativos na sala de aula. Portanto, o trabalho com as *ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação* na formação continuada pode contribuir para que o professor sinta que sua prática docente é valorizada e perceba a relação entre a prática argumentativa e o ensino dos conteúdos científicos curriculares, desmitificando a ideia de que a argumentação é um conteúdo a mais a ser somado na grade curricular.

Este capítulo teve o objetivo de apontar as possíveis contribuições da realização deste trabalho que vislumbramos no momento. Reconhecemos que ele marca o fim desta tese, mas não de nossas investigações sobre o tema. Como elemento essencial de um processo de investigação, identificar as contribuições e implicações em momentos específicos do processo resulta na crucial consequência de sustentar novas inquietações e de apontar novos contextos de investigação nos quais a integração entre pesquisa, ensino e, em um segundo momento, extensão possa ser efetivada. Organizar essas inquietações transformando-as em novas questões de pesquisa e em ações em programas de formação de professores é o desafio que enfrentaremos daqui para a frente.

REFERÊNCIAS

- ACARA. **Australian Curriculum**. Sydney: Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority, 2012.
- ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.
- _____. Toward Clarity on Whole Science and KNOWS. **Science Education**, v. 96, n. 4, p. 693-700, 2012.
- ANDRIESSEN, J.; BAKER, M.; SUTHERS, D. **Arguing to Learn: Confronting Cognitions in Computer-Supported Collaborative Learning Environments**. Dordrecht: Kluwer, 2003.
- BERLAND, L. K.; HAMMER, D. Framing for Scientific Argumentation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 49, n. 1, p. 68-94, 2012.
- BERLAND, L. K.; REISER, B. J. Making Sense of Argumentation and Explanation. **Science Education**, v. 93, n. 1, p. 26-55, 2009.
- BERLAND, L. K.; REISER, B. J. Classroom Communities' Adaptations of the Practice of Scientific Argumentation. **Science Education**, v. 95, n. 2, p. 191-216, 2010.
- BERRY, A.; LOUGHRAN, J.; VAN DRIEL, J. Revisiting the Roots of Pedagogical Content Knowledge. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 1, p. 1271-1279, 2008.
- BERRY, A. et al. **Analysing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge: A Report on the Second PCK Summit**. 12nd Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). ASSOCIATION, E. S. E. R. Dublin 2017.
- BRAVO TORIJA, B.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. ¿Salmones o sardinas? A teaching sequence to promote the use of evidence and argumentation about ecology. **Alambique**, v. 63, p. 19-25, 2010.
- BRETON, P. **A argumentação na comunicação**. São Paulo: Editora da Universidade do Sagrado Coração, 2003.
- BRICKER, L. A.; BELL, R. L. Conceptualizations of Argumentation From Science Studies and the Learning Sciences and Their Implications for the Practices of Science Education. **Science Education**, v. 93, n. 2, p. 473-498, 2008.
- BULLOUGH, R. V. Pedagogical content knowledge circa 1907 and 1987: a study in the history of an idea. **Teaching and Teacher Education**, v. 17, n. 6, p. 655-666, 2001.

BYBEE, R. Scientific and engineering practices in K-12 classrooms: understanding a framework for K-12 science education. **The Science Teacher**, v. 78, n. 9, p. 34-40, 2011.

CAAMAÑO, A. Los trabajos prácticos en ciencias. In: JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Enseñar Ciencias**. Barcelona: Gráo, 2003. p.95-118.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Ed.). **Ensino de Ciências por Investigação**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p.1-20.

CAVAGNETTO, A. R. Argument to Foster Scientific Literacy: A Review of Argument Interventions in K-12 Science Contexts. **Review of Education Research**, v. 80, n. 3, p. 336-371, 2010.

CHIARO, S. D.; LEITÃO, S. O Papel do Professor na Construção Discursiva da Argumentação em Sala de Aula. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 18, n. 3, p. 350-357, 2005.

CHRISTODOULOU, A.; OSBORNE, J. The Science Classroom as a Site of Epistemic Talk: A Case Study of a Teacher's Attempts to Teach Science Based on Argument. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 51, n. 10, p. 1275-1300, 2014.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**. 7th. New York: Routledge, 2011.

CRESWELL, J. W. **Qualitative Inquiry & Research Design**. Washington, DC: SAGE, 2013.

DAVIS, E. A.; KRAJCIK, J. S. Designing Educative Curriculum Materials to Promote Teacher Learning. **Educational Researcher**, v. 34, n. 3, p. 3-14, 2005.

DAWSON, V. M.; VENVILLE, G. Teaching Strategies for Developing Students' Argumentation Skills About Socio-scientific Issues in High School Genetics. **Research in Science Education**, v. 40, n. 2, p. 133-148, 2010.

DENG, F. et al. Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research. **Science Education**, v. 95, n. 6, p. 961-999, 2011.

DFE. Key stages 3 and 4 framework document Curriculum in England In: (Ed.). **National curriculum in England**. London: Department for Education, 2014. p.1-93.

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. A. **Restructuring Science Education: The Importance of Theories and Their Development**. New York: Teachers College Press, 1990.

_____. Quality Argumentation and Epistemic Criteria. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008a. p.159-170.

_____. Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. **Review of Research in Education**, v. 32, n. 1, p. 268-291, 2008b.

DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. Two views about explicitly teaching nature of science. **Science & Education**, v. 22, n. 9, p. 2109-2139, 2013.

DUSCHL, R. A.; OSBORNE, J. Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. **Studies in Science Education**, v. 38, n. 1, p. 39-72, 2002.

ERDURAN, S.; DAGHER, Z. R. **Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories**. Dordrecht: Springer, 2014.

ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. **Science and Education**, v. 88, n. 6, p. 915-933, 2004.

EVAGOROU, M.; DILLON, J. Argumentation in the Teaching of Science. In: CORRIGAN, D.; DILLON, J., *et al* (Ed.). **The Professional Knowledge Base of Science** Dordrecht: Springer, 2011. p.189-203.

FERNÁNDEZ, I. et al. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Propósitos Epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 1, p. 42-60, 2017.

FORD, M. Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning. **Science Education**, v. 92, n. 3, p. 404-423, 2008.

GARCIA-MILA, M. et al. The Effect of Argumentative Task Goal on the Quality of Argumentative Discourse. **Science Education**, v. 97, n. 4, p. 497-523, 2013.

GESS-NEWSOME, J. Model of teacher professional knowledge. In: BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P., *et al* (Ed.). **Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education**. New York: Routledge, 2015. p.28-42.

GIERE, R. N. A new framework for teaching scientific reasoning. **Argumentation**, v. 15, n. 1, p. 21-33, 2001.

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.; JUSTI, R. **Modelling-based Teaching in Science Education**. Basel, Switzerland: Springer International Publishing, 2016.

GRANDY, G. Encyclopedia of Case Study Research. In: MILLS, A. J.; EUREPOS, G., *et al* (Ed.). **Instrumental Case Study**. London: SAGE, 2010.

GROSSMAN, P. L.; WILSON, S. M.; SHULMAN, L. S. Teacher of Substance: Subject Matter Knowledge for Teaching. In: REYNOLDS, M. (Ed.). **Knowledge Base for the Beginning Teacher**. New York: American Association of Colleges for Teacher Education, 1989. p.23-36.

HENDERSON, J. B. et al. Key Challenges and Future Directions for Educational Research on Scientific Argumentation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 55, n. 1, p. 5-18, 2018.

HODSON, D. Nature of Science in the Science Curriculum: Origin, Development, Implications and Shifting Emphases. In: MATTHEWS, M. R. (Ed.). **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer, 2014. p.911-970.

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.

IBRAIM, S. S. **Análise das Influências do Ensino Explícito de Argumentação nos Conhecimentos Docentes sobre Argumentação de Professores de Química em Formação Inicial** 2015. Dissertação de Mestrado Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

IBRAIM, S. S.; JUSTI, R. Teachers' knowledge in argumentation: contributions from explicit teaching in an initial teacher preparation programme. **International Journal Science Education**, v. 38, n. 12, p. 1996-2025, 2016.

_____. Influências de um ensino explícito de argumentação no desenvolvimento dos conhecimentos docentes de licenciandos em Química. **Ciência & Educação**, v. 23, n. 4, p. 995-1015, 2017.

IRZIK, G.; NOLA, R. A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. **Science & Education**, v. 20, n. 7-8, p. 591-607, 2011.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas**. Barcelona: Graó, 2010. 200.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; CRUJEIRAS, B. Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. In: TABER, K. S. e AKPAN, B. (Ed.). **New Directions in Mathematics and Science Education**. Rotterdam: Sense Publishers, 2015. p.69-80.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in Science Education: An overview. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008. p.3-27.

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.

JUSTI, R. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. **Ensaio: Pesquisa e Educação em Ciências**, v. 17, p. 31-48, 2015.

JUSTI, R.; MENDONÇA, P. C. C. Discussion of the Controversy Concerning a Historical Event Among Pre-service Teachers Contributions to Their Knowledge About Science, Their Argumentative Skills, and Reflections About Their Future Teaching Practices. **Science and Education**, v. 25, n. 7-8, p. 795-822, 2016.

KELLY, G. J. Inquiry, activity and epistemic practices. In: DUSCHL, R. A. e GRANDY, R. (Ed.). **Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation**. Rotterdam: Sense Publishes, 2008. p.99-117.

KIND, V. Science teachers' content knowledge. In: VENKAT, H.;ROLLNICK, M., *et al* (Ed.). **Exploring Mathematics and Science Teachers' Knowledge: Windows into Teacher Thinking**. Abingdon: Routledge, 2014. p.27-43.

KUHN, D. **The Skills of Argument**. New York: Cambridge University, 1991. 319.

LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. **Criticism and the Growth of Knowledge**. Cambridge: Cambridge University Press, 1970. ISBN 0-521-09623-5.

LATOUR, B. **Ciência em ação: Como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: UNESP, 2000.

LEDERMAN, N. G. Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. In: FLICK, L. B. e LEDERMAN, N. G. (Ed.). **Scientific Inquiry and Nature os Science**. Dordrecht: Springer, 2006. cap. 14, p.301-317.

LEDERMAN, N. G. et al. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 6, p. 487-521, 2002.

LEDERMAN, N. G.; GESS-NEWSOME, J. Reconceptualizing Secondary Science Teacher Education. In: GESS-NEWSOME, J. e LEDERMAN, N. G. (Ed.). **Examining Pedagogical Content Knowledge - The Construct and its Implications for Science Education**. Dordrecht: Kluwer, v.6, 1999. p.199-213. (Science & Technology Education Library). ISBN 0-7923-5903-8.

LONGINO, H. E. **Science as Social Knowledge: Values and Objectivity in Scientific Inquiry**. New Jersey: Princeton, 1990.

LOUGHRAN, J.; BERRY, A.; MULHALL, P. **Understanding and developing science teachers pedagogical content knowledge**. Rotterdam: Sense Publishers, 2006.

MAGNUSSON, S.; KRAJCIK, J.; BORKO, H. Nature, Sources and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In: GESS-NEWSOME, J. e LEDERMAN, N. G. (Ed.). **Examining Pedagogical Content Knowledge - The Construct and its Implications for Science Education**. Dordrecht: Kluwer, 1999. p.95-132. ISBN 0-7923-5903-8.

MARTINS, M. R. **Ensino Explícito e Integrado de Natureza da Ciência e Argumentação em um contexto Sociocientífico para Estudantes de Química do Ensino Médio**. 2015. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MATTHEWS, M. R. Changing the Focus: From Nature of Science to Features of Science. In: (Ed.). **Advances in Nature of Science Research** Dordrecht: Springer, 2012. p.3-26.

MAVHUNGA, E. Improving PCK and CK in preservice teachers. In: VENKAT, H.;ROLLNICK, M., *et al* (Ed.). **Exploring Mathematics and Science Teachers' Knowledge: Windows into teacher thinking**. Abingdon, U.K.: Routledge, 2014. p.45-64.

MAVHUNGA, E.; ROLLNICK, M. Improving PCK of Chemical Equilibrium in Pre-service Teachers. **African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education**, v. 17, n. 1-2, p. 113-125, 2013.

MCNEILL, K. L.; BERLAND, L. What is (or should be) scientific evidence use in K-12 classrooms? **Journal of Research in Science Teaching**, v. 54, n. 5, p. 672-689, 2017.

MCNEILL, K. L. et al. Pedagogical Content Knowledge of Argumentation: Using Classroom Contexts to Assess High-Quality PCK Rather Than Pseudoargumentation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 53, n. 2, p. 261-290, 2015.

MCNEILL, K. L. et al. Moving beyond pseudoargumentation: Teachers' enactments of an educative science curriculum focused on argumentation. **Science Education**, v. 101, n. 3, p. 426-457, 2017.

MCNEILL, K. L. et al. Factors impacting teachers' argumentation instruction in their science classrooms. **International Journal of Science Education**, v. 38, n. 12, p. 2026-2046, 2016.

MCNEILL, K. L.; KNIGHT, A. M. Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Scientific Argumentation: The Impact of Professional Development on K-12 Teachers. **Science Education**, v. 97, n. 6, p. 936-972, 2013.

MCNEILL, K. L.; PIMENTEL, D. S. Scientific Discourse in Three Urban Classrooms: The Role of the Teacher in Engaging High School Students in Argumentation. **Science Education**, v. 94, n. 2, p. 203-229, 2010.

MEC. **PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: SEMTEC-CNE, 2001.

_____. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: Secretária da Educação Básica, 2006.

MENDONÇA, P. C. C. **Influência de Atividades de Modelagem na Qualidade dos Argumentos de Estudantes de Química do Ensino Médio.** 2011. Tese de Doutorado Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Ensino-Aprendizagem de Ciências e Argumentação: Discussões e Questões Atuais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, p. 187-216, 2013a.

_____. The Relationships Between Modelling and Argumentation from the Prespective of the Model of Modelling Diagram. **International Journal of Science Education**, v. 35, n. 14, p. 2407-2434, 2013b.

MERRIAM, S. B. **Qualitative Research - A guide to Design and Implementation.** San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2009.

MILLAR, R. et al. Investigating in the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. **Research Papers in Education**, v. 9, n. 2, p. 207-248, 1994.

MILLAR, R.; OSBORNE, J. **Beyond 2000: Science Education for the Future.** EDUCATION, S. O. London: King's College 1998.

MODY, C. C. Scientific Practice and Science Education. **Science Education**, v. 99, n. 6, p. 1026-1032, 2015.

MORK, S. M. Argumentation in in science lessons: Focusing on the teacher's role. **Nordic Studies in Science Education**, v. 1, n. 1, p. 17-30, 2005.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. **Meaning Making in Secondary Science Classrooms.** Philadelphia: Open University Press, 2003.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio**, v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007.

MUNFORD, D.; SILVA, A. P. S. Argumentação e a Construção de Oportunidades de Aprendizagem em Aulas de Ciências. **Revista Ensaio**, v. 17, p. 161-186, 2015.

NEWTON, P.; DRIVER, R.; OSBORNE, J. The place of argumentation in the pedagogy of school science. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 5, p. 553-576, 1999.

NIELSEN, J. A. 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.

NORRIS, S. P. Intellectual independence for nonscientists and other contenttranscendent goals of science education. **Science Education**, v. 81, n. 2, p. 239-258, 1997.

NORRIS, S. P.; PHILLIPS, L. M.; OSBORNE, J. F. Scientific Inquiry: The Place of Interpretation and Argumentation. In: LUFT, J.; BELL, R. L., *et al* (Ed.). **Science as Inquiry in the Secondary Setting**. Arlington: National Science Teachers Association, 2008. p.87-98.

NRC. **National Science Education Standards**. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1996.

_____. **A Framework For K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 2012.

OLIVEIRA, D. K. B. S.; MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. The Use of Representations and Argumentative and Explanatory Situations. **International Journal Science Education**, v. 37, n. 9, p. 1402-1435, 2015.

OSBORNE, J. Towards a more social pedagogy in science education: the role of argumentation. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 1, p. 1-17, 2007.

_____. Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. **Science**, v. 328, n. 5977, p. 463-466, 2010.

_____. The Role of Argument: Learning How to Learn in School Science. In: BARRY J. FRASER, K. T., CAMPBELL J. MC ROBBIE (Ed.). **Second International Handbook of Science Education**. Dordrecht: Springer, 2012. p.933-949.

_____. Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. **Journal 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., & BISMARCK, A.S. (Ed.). **Reconceptualizing STEM Education: the central role of practice**. New York: Routledge, 2016. p.215-231.

OSBORNE, J.; DILLON, J. How science works: what is the nature of scientific reasoning and what do we know about students' understanding? In: OSBORNE, J. e DILLON, J. (Ed.). **Good Practice in Science Teaching: what research has to say** New York: Openup, 2010. p.20-46.

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.

PARK, S.; OLIVER, S. Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. **Research in Science Education**, v. 38, n. 3, p. 261-284, 2008.

RIGOTTI, E.; MORASSO, S. G. Argumentation as an Object of Interest and as a Social and Cultural Resource. In: MIRZA, N. M. e PERRET-CLERMONT, A. (Ed.). **Argumentation and Education**. Dordrecht: Springer, 2009. p.9-66.

RYU, S.; SANDOVAL, W. A. Improvements to Elementary Children's Epistemic Understanding From Sustained Argumentation. **Science Education**, v. 86, n. 3, p. 488-526, 2012.

SAMPSON, V. et al. Writing to Learning to Write During the School Science Laboratory: Helping Middle and High School Student Develop Argumentative Writing Skills as They Learn Core Ideas. **Science Education**, v. 97, n. 5, p. 643-670, 2013.

SAMPSON, V.; SCHLEIGH, S. **Scientific Argumentation in Biology: 30 Classroom activities**. Arlington: National Science Teachers Association, 2013.

SANDOVAL, W. A.; MILLWOOD, K. A. 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.71-90.

SANDOVAL, W. A.; MORRISON, K. High school student's 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.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Ensaio**, v. 17, p. 49-67, 2015.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016.

SAVIN-BADEN, M.; MAJOR, C. H. **Qualitative Research: The essential guide to theory and practice**. London and New York: Routledge, 2013.

SCARPA, D. et al. **What are the features in the designing of argumentative teaching learning sequences?** 11th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). ASSOCIATION, E. S. E. R. Helsinki 2015.

SCHÖN, D. A. **The Reflective Practitioner - How professionals think in action**. 2nd. London: Ashgate, 1991. ISBN 1 85742 319 4.

SCHWARTZ, R. S.; LEDERMAN, N. G. What Scientists Say: Scientists' view of nature of science and relation to science context. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 6, p. 727-771, 2008.

SCHWARZ, C. V.; GEWEKWERERE, Y. N. Using a Guided Inquiry and Modeling Instructional Framework (EIMA) to Support Preservice K-8 Science Teachers. **Science Education**, p. 158-186, 2006.

SCHWARZ, C. V. et al. 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.

SCOTT, P.; MORTIMER, E. F.; AGUIAR, O. G. The Tension Between Authoritative and Dialogic Discourse: A Fundamental Characteristic of Meaning Making Interactions in High School Science Lessons. **Science Education**, v. 90, n. 4, p. 605-631, 2006.

SHULMAN, L. S. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. **Educational Research**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

_____. Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. **Harvard Education Review**, v. 57, n. 1, p. 1-21, 1987.

_____. PCK: Its genesis and exodus. In: BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P., *et al* (Ed.). **Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education**. New York: Routledge, 2015. p.3-13.

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. 2-3, p. 235-260, 2006.

SMITH, M. U.; SCHARMANN, L. C. Defining versus Describing the Nature of Science: A Pragmatic Analysis for Classroom Teachers and Science Educators. **Science Education**, v. 83, n. 4, p. 493-509, 1999.

SPERANDEO-MINEO, R. M.; FAZIO, C.; TARANTINO, G. Pedagogical Content Knowledge Development and Pre-Service Physics Teacher Education: A Case Study. **Research in Science Education**, v. 36, n. 3, p. 235-268, 2006.

SVOBODA, J.; PASSMORE, C. M. The Strategies of Modeling in Biology Education. **Science & Education**, v. 22, n. 1, p. 119-142, 2013.

TAMIR, P. Practical work at school: An analysis of current practice. In: WOOLNOUGH, B. (Ed.). **Practical Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1991.

TOULMIN, S. **The uses of Argument**. New York: Cambridge University Press, 1958.

TUANA, N. Reponse 2. In: DUSCHL, R. A., & BISMARCK, A.S. (Ed.). **Reconceptualizing STEM Education: the central role of practice**. New York: Routledge, 2016.

VAN DIJK, E. M. Portraying Real Science in Science Communication. **Science Education**, v. 95, n. 6, p. 1086-1100, 2011.

VAN EEMEREN, F. H. et al. **Handbook of Argumentation Theory**. Dordrecht: Springer, 2014.

VAN EEMEREN, F. H. et al. **Fundamentals of argumentation theory: A handbook of historical backgrounds and contemporary developments**. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1996.

VYGOTSKY, L. **Mind and Society: The development of higher mental processes**. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

WALKER, J. P.; SAMPSON, V. Learning to Argue and Argue to Learn: Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Undergraduate Chemistry Students Learn How to Construct Arguments and Engage in Argumentation During a Laboratory Course. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 50, n. 5, p. 561-596, 2013.

WENZEL, J. W. The Rhetorical Perspective on Argument. In: EEMEREN, F. H. V., GROOTENDORST, R., BLAIR, WILLARD, C. A. (Ed.). **Argumentation: across the lines of discipline**. Dordrecht: Foris publications, 1987. p.101-109.

_____. Three Perspectives on Argument: Rhetoric, Dialectic, Logic. In: TRAPP, R. e SCHUETZ, J. (Ed.). **Perspectives of argumentation: Essays in honour of Wayne Brockriede**. New York: Waveland, 1990. p.9-26.

WILLIAMS, J. D. **How Science Works: Teaching and Learning in the Science Classroom**. New York: Continuum, 2011.

ZEMBAL-SAUL, C. Learning to Teach Elementary School Science as Argument. **Science Education**, v. 93, n. 4, p. 687-719, 2009.

ZOHAR, A. Science Teacher Education and Professional Development in Argumentation. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008. p.245-268.

APÊNDICES

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA O PROFESSOR

Prezado professor de Química do Colégio YYY,

Já há alguns anos, a literatura da área de Educação em Ciências tem apontado algumas maneiras de melhorar o ensino desta área de conhecimento. Uma delas é a inclusão de situações argumentativas em sala de aula, isto é, de situações a partir das quais os alunos entendam que, em ciência, as afirmativas devem ser justificadas a partir de evidências; e sejam incentivados a elaborar e expressar argumentos de boa qualidade. Além disso, os pesquisadores são unânimes em defender que um dos fatores que mais contribui para a ocorrência de qualquer modificação no ensino são as ações conduzidas pelo professor. Tais ações dependem, em parte, do contexto em que o professor atua, mas, principalmente, elas são definidas pelos conhecimentos e habilidades do próprio professor.

Na última década, nosso Grupo de Pesquisa tem desenvolvido alguns estudos envolvendo a aprendizagem de alunos quando participam de situações argumentativas. Esses estudos também indicam que os conhecimentos dos professores sobre argumentação exercem grande influência na maneira como eles promovem e conduzem situações argumentativas em sala de aula. Em particular, nossos estudos – e os de outros grupos de pesquisa brasileiros e internacionais – têm concluído que poucos professores têm os conhecimentos necessários desenvolvidos porque, como a inclusão da argumentação no Ensino de Ciências é uma área relativamente nova, ela ainda não faz parte dos temas discutidos em cursos de formação de professores. Mas, para que possamos incluir discussões relacionadas à argumentação nos cursos de formação de professores, precisamos conhecer, em profundidade, quais são os conhecimentos mobilizados por professores experientes que utilizam a argumentação como estratégia de ensino em suas aulas.

Nesse sentido, eu, Stefannie de Sá Ibraim, aluna de doutorado no Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, sob a orientação da Profa. Dra. Rosária Justi, elaborei um projeto de pesquisa – “Caracterização dos Conhecimentos Docentes sobre Argumentação em Situações de Ensino: Um estudo de caso de um professor de Química” – que, como o próprio título indica, pretende analisar detalhadamente as práticas docentes de um professor de Química visando identificar e caracterizar seus conhecimentos sobre argumentação e como eles são utilizados em contextos regulares de ensino.

Neste projeto, os dados serão coletados a partir de observação de aulas do professor; análise das aulas pelo professor e pela pesquisadora; e entrevistas com o professor referentes

às análises e sobre seus conhecimentos pedagógicos. Para isso, as aulas deverão ser registradas em vídeo, a fim de que todas as ações do professor relacionadas às situações argumentativas possam ser revistas, analisadas e discutidas. Isto significa que a câmera será direcionada prioritariamente para o professor. Obviamente, as falas dos alunos serão importantes, mas, a menos de alguma aparição eventual, a câmera não será direcionada a nenhum aluno. Assim, o único risco que identificamos referente à sua participação nesta pesquisa é o de você se sentir constrangido pela presença da câmera. Visando minimizar este risco, pretendemos filmar algumas aulas antes daquelas que serão efetivamente utilizadas na análise dos dados. Esta é uma prática comum em pesquisas na área de educação e que tem se mostrado muito eficiente em termos de os sujeitos envolvidos se acostumarem com a presença da câmera e não modificarem seus comportamentos nas aulas. Esclarecemos que sua participação é voluntária e que se, por algum motivo, você desistir de participar durante o processo, a coleta de dados será interrompida imediatamente. Além disso, o Sr. Não terá qualquer tipo de despesa para participar da pesquisa e não receberá remuneração por sua participação.

Como você já utiliza atividades de modelagem regularmente, sua participação na pesquisa não implicará em nenhuma modificação nos planejamentos de aula. Suas únicas atividades extra serão assistir alguns dos vídeos das aulas e participar de algumas entrevistas ao longo do processo – que acontecerão em local e horários definidos por você.

Os dados coletados neste projeto serão analisados por Stefannie de Sá Ibraim, aluna de doutorado no Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. A doutoranda será responsável pelas filmagens, condução das entrevistas com o professor e análise dos dados (etapa da qual sua orientadora também participará). Os vídeos das aulas e das entrevistas serão mantidos à sua disposição e serão completamente destruídos após a publicação de todos os artigos resultantes deste trabalho. E, em nenhum desses trabalhos a identidade da escola, sua ou de seus alunos será revelada.

Finalmente, informamos que o desenvolvimento deste projeto foi autorizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG e autorizado pelo diretor do colégio YYY. Caso ainda existam dúvidas sobre o projeto, maiores informações podem ser obtidas pelas vias abaixo identificadas:

- Profa. Dra. Rosária Justi

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Química, Av. Antônio Carlos 6627, Pampulha, telefone: 3409.5694, e-mail: rjusti@ufmg.br

- Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG

Unidade Administrativa II, 2o. andar, sala 2005, Campus Pampulha, telefone: 3409.4592.

Certas de contar com sua compreensão em relação à importância de contribuirmos para melhorar a formação de professores e do papel que a pesquisa em Educação pode desempenhar nesse sentido, solicitamos que concorde em participar da mesma, preenchendo e assinando uma das vias deste documento.

Atenciosamente,

Profa. Dra. Rosária Justi
Pesquisadora responsável

Profa. Ms. Stefannie de Sá Ibraim
Doutoranda em Educação

CONCORDÂNCIA

Após ler este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, informo que entendi os objetivos e a metodologia a ser utilizada no desenvolvimento do projeto de pesquisa “Caracterização dos Conhecimentos Docentes sobre Argumentação em Situações de Ensino: Um estudo de caso de um professor de Química”. Sendo assim, concordo em participar das atividades do mesmo.

Nome do professor:

Assinatura:

ANUÊNCIA DA INSTITUIÇÃO

Belo Horizonte, X de agosto de 2015.

Ilmo. Sr. XXX

D.D. Diretor do Colégio YYY

Prezado Sr.,

Já há alguns anos, a literatura da área de Educação em Ciências tem apontado algumas maneiras de melhorar o ensino desta área de conhecimento. Uma delas é a inclusão de situações argumentativas em sala de aula, isto é, de situações a partir das quais os alunos entendam que, em ciência, as afirmativas devem ser justificadas a partir de evidências; e sejam incentivados a elaborar e expressar argumentos de boa qualidade. Além disso, os pesquisadores são unânimes em defender que um dos fatores que mais contribui para a ocorrência de qualquer modificação no ensino são as ações conduzidas pelo professor. Tais ações dependem, em parte, do contexto em que o professor atua, mas, principalmente, elas são definidas pelos conhecimentos e habilidades do próprio professor.

Na última década, nosso Grupo de Pesquisa tem desenvolvido alguns estudos envolvendo a aprendizagem de alunos quando participam de situações argumentativas. Esses estudos também indicam que os conhecimentos dos professores sobre argumentação exercem grande influência na maneira como eles promovem e conduzem situações argumentativas em sala de aula. Em particular, nossos estudos – e os de outros grupos de pesquisa brasileiros e internacionais – têm concluído que poucos professores têm os conhecimentos necessários desenvolvidos porque, como a inclusão da argumentação no Ensino de Ciências é uma área relativamente nova, ela ainda não faz parte dos temas discutidos em cursos de formação de professores. Mas, para que possamos incluir discussões relacionadas à argumentação nos cursos de formação de professores, precisamos conhecer, em profundidade, quais são os conhecimentos mobilizados por professores experientes que utilizam a argumentação como estratégia de ensino em suas aulas.

Nesse sentido, elaboramos um projeto de pesquisa – “Caracterização dos Conhecimentos Docentes sobre Argumentação em Situações de Ensino: Um estudo de caso de um professor de Química” – que, como o próprio título indica, pretende analisar detalhadamente as práticas docentes de um professor de Química visando identificar e

caracterizar seus conhecimentos sobre argumentação e como eles são utilizados em contextos regulares de ensino. Neste projeto, os dados serão coletados a partir de observação de aulas do professor; análise das aulas pelo professor e pela pesquisadora; e entrevistas com o professor referentes às análises e sobre seus conhecimentos pedagógicos. Para isso, as aulas deverão ser registradas em vídeo, a fim de que todas as ações do professor relacionadas às situações argumentativas possam ser revistas, analisadas e discutidas. Isto significa que a câmera será direcionada prioritariamente para o professor. Obviamente, as falas dos alunos serão importantes, mas, a menos de alguma aparição eventual, a câmera não será direcionada a nenhum aluno.

O professor de Química ZZZ, que atua nesta instituição, atende às exigências necessárias para constituir nossa amostra, isto é, tem vários anos de experiência e promove situações argumentativas regularmente com seus alunos a partir de utilização de atividades de modelagem. Ele foi consultado e concordou em participar do estudo, isto é, em ter algumas de suas aulas filmadas e em participar das entrevistas (a serem realizadas em horários definidos pelo próprio professor). Isto não implicará em nenhuma modificação no planejamento anterior das aulas do professor. Por isso, solicitamos autorização para que a pesquisa seja desenvolvida com este professor nesta instituição de ensino.

Caso a autorização seja concedida, o professor, os alunos da turma a ser acompanhada e seus responsáveis receberão um documento (aprovados pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais após a anuência da escola), para ser assinado concordando com a participação na pesquisa. Neste documento, eles serão informados sobre: os objetivos do estudo, como as filmagens serão realizadas (isto é, sem foco específico nos alunos) para a coleta dos dados, a não identificação da escola e de qualquer pessoa participante do estudo em nenhum dos trabalhos acadêmicos e publicações resultantes do mesmo.

Considerando todos estes aspectos, o único risco que identificamos decorrente da participação tanto para o professor quanto para os alunos é o de eles se sentirem constrangidos pela presença da câmera. Visando minimizar este risco, pretendemos filmar algumas aulas antes daquelas que serão efetivamente utilizadas na análise dos dados. Esta é uma prática comum em pesquisas na área de educação e que tem se mostrado muito eficiente em termos de os sujeitos envolvidos se acostumarem com a presença da câmera e não modificarem seus comportamentos nas aulas. Além disso, também enfatizaremos que as filmagens serão focadas prioritariamente no professor, o que também contribui para diminuir o risco de constrangimento dos alunos.

Os dados coletados neste projeto serão analisados por Stefannie de Sá Ibraim, que é minha aluna de doutorado no Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade

Federal de Minas Gerais. A doutoranda será responsável pelas filmagens, condução das entrevistas com o professor e análise dos dados (etapa da qual também participarei ativamente). Os vídeos das aulas e da entrevista serão mantidos à disposição dos sujeitos e serão completamente destruídos após a publicação de todos os artigos resultantes deste trabalho.

Certas de contar com sua compreensão em relação à importância de melhorarmos a formação de professores no Brasil e do papel que a pesquisa em Educação pode desempenhar nesse sentido, solicitamos, então, sua anuência em relação à condução desta pesquisa no Colégio YYY nas condições especificadas anteriormente.

Finalmente, informamos que o desenvolvimento deste projeto foi autorizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG. Caso ainda existam dúvidas sobre o projeto, maiores informações podem ser obtidas pelas vias abaixo identificadas:

- Profa. Dra. Rosária Justi

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Química, Av. Antônio Carlos 6627, Pampulha, telefone: 3409.5694, e-mail: rjusti@ufmg.br

- Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG

Unidade Administrativa II, 2o. andar, sala 2005, Campus Pampulha, telefone: 3409.4592.

Atenciosamente,

Profa. Dra. Rosária Justi

Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais

Pesquisadora responsável pelo projeto

AUTORIZAÇÃO

Considerando que entendi perfeitamente os objetivos da pesquisa “Caracterização dos Conhecimentos Docentes sobre Argumentação em Situações de Ensino: Um estudo de caso de um professor de Química”, assim como a metodologia a ser utilizada, autorizo a realização da coleta de dados que dará suporte ao desenvolvimento da mesma a partir do registro em

vídeo de aulas de Química do professor ZZZ em uma de suas turmas no Colégio YYY e de entrevistas com este professor.

Diretor

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA O ALUNO

Prezado(a) aluno(a) da turma TTT do Colégio YYY,

Já há alguns anos, a literatura da área de Educação em Ciências tem apontado que uma das maneiras de melhorar o ensino desta área de conhecimento é a inclusão de situações argumentativas em sala de aula. Nessas situações, os alunos podem entender que, em ciência, as afirmativas devem ser justificadas a partir de evidências e ser incentivados a elaborar e expressar argumentos de boa qualidade. Nas aulas de Química de sua turma, o professor ZZZ utiliza essas situações com frequência. Entretanto, são poucos os professores que fazem isto. Um dos motivos é que somente recentemente a importância de participar de situações argumentativas para a aprendizagem dos alunos passou a ser discutida entre os pesquisadores da área de Educação. Assim, tais discussões ainda não fazem parte daquelas ocorridas nos cursos de formação de professores.

Nosso Grupo de Pesquisa na UFMG está interessado em contribuir para a melhoria dos cursos de formação de professores de Ciências. Mas, para que possamos fazer isto, precisamos conhecer, em profundidade, quais são os conhecimentos utilizados por professores experientes que usam a argumentação como estratégia de ensino em suas aulas. Nesse sentido, elaboramos um projeto de pesquisa – “Caracterização dos Conhecimentos Docentes sobre Argumentação em Situações de Ensino: Um estudo de caso de um professor de Química” – que, como o próprio título indica, pretende analisar detalhadamente as práticas docentes de um professor de Química visando identificar e caracterizar seus conhecimentos sobre argumentação e como eles são utilizados na condução das aulas.

Neste projeto, os dados serão coletados a partir de observação de algumas aulas de Química; análise das aulas pelo professor e pela pesquisadora; e entrevistas com o professor sobre as análises e seus conhecimentos. Para isso, algumas de suas aulas de Química serão registradas em vídeo, a fim de que todas as ações do professor relacionadas às situações argumentativas possam ser revistas, analisadas e discutidas. Isto significa que a câmera será direcionada prioritariamente para o professor. É claro que suas falas e a de seus colegas serão importantes nas discussões com o professor, mas, a menos de alguma aparição eventual, a câmera não será direcionada a nenhum de vocês. Além disso, o professor ZZZ conduzirá as aulas como sempre faz, isto é, não haverá nenhuma mudança em seus planejamentos de ensino originais. Assim, o único risco que identificamos relacionado à participação dos alunos nesta pesquisa é o de vocês se sentirem constrangidos pela presença da câmera. Visando minimizar este risco, pretendemos filmar algumas aulas antes daquelas que serão efetivamente utilizadas na análise dos dados a fim de que todos se acostumem com a

presença da câmera e não modifiquem seus comportamentos nas aulas. E, como enfatizado anteriormente, o foco da câmera não será direcionado a nenhum aluno. Esclarecemos que sua participação é voluntária e que se, por algum motivo, você desistir durante o processo, tem todo o direito de solicitar que seus diálogos com o professor não sejam filmados ou que aqueles que já tinham sido filmados não sejam utilizados na pesquisa.

Os dados coletados neste projeto serão analisados por Stefannie de Sá Ibraim, aluna de doutorado no Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. A doutoranda será responsável pelas filmagens, condução das entrevistas com o professor e análise dos dados (etapa da qual sua orientadora também participará). Os vídeos das aulas e da entrevista serão mantidos à disposição de todos os participantes e serão completamente destruídos após o término da tese de doutorado da Stefannie e da publicação de todos os artigos resultantes deste trabalho. E, em nenhum desses trabalhos a identidade da escola, do professor ou dos alunos será revelada.

Finalmente, informamos que o desenvolvimento deste projeto foi autorizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, que o professor ZZZ concordou em participar e que isto foi autorizado pelo diretor do colégio YYY. Caso ainda existam dúvidas sobre o projeto, maiores informações podem ser obtidas pelas vias abaixo identificadas:

- Profa. Dra. Rosária Justi

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Química, Av. Antônio Carlos 6627, Pampulha, telefone: 3409.5694, e-mail: rjusti@ufmg.br

- Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG

Unidade Administrativa II, 2o. andar, sala 2005, Campus Pampulha, telefone: 3409.4592.

Certas de contar com sua compreensão em relação à importância de contribuirmos para melhorar a formação de professores e do papel que a pesquisa em Educação pode desempenhar nesse sentido, solicitamos sua concordância em participar deste estudo, preenchendo e assinando uma das vias deste documento.

Atenciosamente,

Profa. Dra. Rosária Justi
Pesquisadora responsável

Profa. Ms. Stefannie de Sá Ibraim
Doutoranda em Educação

AUTORIZAÇÃO

Após ler este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, informo que entendi os objetivos da pesquisa “Caracterização dos Conhecimentos Docentes sobre Argumentação em Situações de Ensino: Um estudo de caso de um professor de Química” e como ela será feita. Sendo assim, concordo em participar da mesma.

Nome do(a) aluno(a):

Assinatura:

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA O RESPONSÁVEL

Srs. pais ou responsáveis pelos alunos da turma TTT do Colégio YYY,

Já há alguns anos, a literatura da área de Educação em Ciências tem apontado que uma das maneiras de melhorar o ensino desta área de conhecimento é a inclusão de situações argumentativas em sala de aula. Nessas situações, os alunos podem entender que, em ciência, as afirmativas devem ser justificadas a partir de evidências e ser incentivados a elaborar e expressar argumentos de boa qualidade. Nas aulas de Química da turma MMM, o professor ZZZ utiliza essas situações com frequência. Entretanto, são poucos os professores que fazem isto. Um dos motivos é que somente recentemente a importância de participar de situações argumentativas para a aprendizagem dos alunos passou a ser discutida entre os pesquisadores da área de Educação. Assim, tais discussões ainda não fazem parte daquelas ocorridas nos cursos de formação de professores.

Nosso Grupo de Pesquisa na UFMG está interessado em contribuir para a melhoria dos cursos de formação de professores de Ciências. Mas, para que possamos fazer isto, precisamos conhecer, em profundidade, quais são os conhecimentos utilizados por professores experientes que usam a argumentação como estratégia de ensino em suas aulas. Nesse sentido, elaboramos um projeto de pesquisa – “Caracterização dos Conhecimentos Docentes sobre Argumentação em Situações de Ensino: Um estudo de caso de um professor de Química” – que, como o próprio título indica, pretende analisar detalhadamente as práticas docentes de um professor de Química visando identificar e caracterizar seus conhecimentos sobre argumentação e como eles são utilizados na condução das aulas.

Neste projeto, eu, Stefannie de Sá Ibraim, aluna de doutorado no Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, coletarei os dados a partir de observação de algumas aulas de Química; análise das aulas pelo professor e pela pesquisadora; e entrevistas com o professor sobre as análises e seus conhecimentos pedagógicos. Para isso, algumas aulas de Química serão registradas em vídeo, a fim de que todas as ações do professor relacionadas às situações argumentativas possam ser revistas, analisadas e discutidas. Isto significa que a câmera será direcionada prioritariamente para o professor. É claro que as falas dos alunos serão importantes nas discussões com o professor, mas, a menos de alguma aparição eventual, a câmera não será direcionada a nenhum aluno. Além disso, o professor ZZZ conduzirá as aulas como sempre faz, isto é, não haverá nenhuma mudança em seus planejamentos de ensino originais. Assim, o único risco que identificamos relacionado à participação dos alunos nesta pesquisa é o de eles se sentirem constrangidos pela presença da câmera. Visando minimizar este risco, pretendemos filmar algumas aulas

antes daquelas que serão efetivamente utilizadas na análise dos dados a fim de que todos se acostumem com a presença da câmera e não modifiquem seus comportamentos nas aulas. Além disso, como enfatizado anteriormente, o foco da câmera não será direcionado a nenhum aluno. Esclarecemos que a participação dos alunos é voluntária e que se, por algum motivo, um(a) aluno(a) desistir durante o processo, ele(a) tem todo o direito de solicitar que seus diálogos com o professor não sejam filmados ou que aqueles que já tinham sido filmados não sejam utilizados na pesquisa.

Os dados coletados neste projeto serão analisados por Stefannie de Sá Ibraim, aluna de doutorado no Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. A doutoranda será responsável pelas filmagens, condução das entrevistas com o professor e análise dos dados (etapa da qual sua orientadora também participará). Os vídeos das aulas e da entrevista serão mantidos à disposição de todos os participantes e serão completamente destruídos após o término da tese de doutorado da Stefannie e da publicação de todos os artigos resultantes deste trabalho. E, em nenhum desses trabalhos a identidade da escola, do professor ou dos alunos será revelada.

Finalmente, informamos que o desenvolvimento deste projeto foi autorizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, que o professor ZZZ concordou em participar e que isto foi autorizado pelo diretor do colégio YYY. Caso ainda existam dúvidas sobre o projeto, maiores informações podem ser obtidas pelas vias abaixo identificadas:

- Profa. Dra. Rosária Justi

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Química, Av. Antônio Carlos 6627, Pampulha, telefone: 3409.5694, e-mail: rjusti@ufmg.br

- Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG

Unidade Administrativa II, 2o. andar, sala 2005, Campus Pampulha, telefone: 3409.4592.

Certas de contar com sua compreensão em relação à importância de contribuirmos para melhorar a formação de professores e do papel que a pesquisa em Educação pode desempenhar nesse sentido, solicitamos que autorize a participação do(a) aluno(a) pelo(a) qual é responsável nesta pesquisa, preenchendo e assinando uma das vias deste documento.

Atenciosamente,

Profa. Dra. Rosária Justi

Pesquisadora responsável

Profa. Ms. Stefannie de Sá Ibraim

Doutoranda em Educação

AUTORIZAÇÃO

Após ler este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, informo que entendi os objetivos da pesquisa “Caracterização dos Conhecimentos Docentes sobre Argumentação em Situações de Ensino: Um estudo de caso de um professor de Química” e como ela será feita. Sendo assim, autorizo o(a) aluno(a) abaixo identificado(a) a participar das atividades da mesma.

Nome do(a) aluno(a):

Nome do(a) responsável:

Assinatura:

PROTOCOLO DE ENTREVISTA INICIAL COM A PROFESSORA

Bom dia. Antes de iniciar nossa conversa, gostaria de lembrar que, em nenhum aspecto, o objetivo dessa conversa é avaliar ou julgar a sua prática de ensino. A minha intenção é conhecer e entender um pouco mais como você discute, em sala de aula, com seus alunos do ensino médio os conhecimentos que você julga importante e como isto se relaciona aos conhecimentos dos professores.

Conhecimentos docentes

1. Nesse momento você está começando a ensinar ____ (relacionado ao conteúdo químico). O que você considera importante dentro desse tópico? Por quê?
2. E em relação ao seu aluno, que você espera que ele aprenda sobre (relacionado a resposta fornecida na questão 10)? De uma forma geral, o que você quer que ele aprenda quando você ensina ____ (relacionado a resposta fornecida na questão 10)? Por que você considera importante que ele aprenda isso?
3. Quando você começa a ensinar ____ (relacionado a resposta fornecida na questão 10), seus alunos possuem algum conhecimento sobre isso? Como você sabe se eles têm ou não?
4. Quando você elabora o planejamento, você pensa ou considera as dificuldades dos alunos em relação aos conteúdos científicos?
5. Como você se prepara para lidar com as essas ideias dos alunos em sala de aula?
6. Como as ideias dos alunos influenciam seus planejamentos de aula?
7. Como você avalia o desenvolvimento das ideias dos alunos durante o ensino?
8. Como você avalia a aprendizagem de seus alunos? Você usa vários métodos para avaliação? Por quê?
9. Em suas aulas de Química, você usa algum tipo de recurso de ensino com o objetivo de facilitar a aprendizagem dos seus alunos?
10. Por exemplo, no ensino do conteúdo ____ (relacionado a resposta fornecida na questão 10), que tipo de recurso você acha que pode favorecer a aprendizagem dos seus alunos? Por quê?
11. Pensando em tudo o que nós conversamos hoje, para fechar nossa conversa. Quando você está na sala de aula, o que você considera mais importante?

Argumentação

Contextualização do caso

Os episódios de ensino retratados representam uma sequência de ensino realizada em uma escola regular de ensino médio. Essa sequência de ensino foi construída com o objetivo de introduzir conceitos básicos de física térmica, tais como: calor, temperatura e equilíbrio térmico.

Os alunos que vivenciaram essa sequência de ensino tinham entre 14-15 anos e tinham estudado anteriormente sobre o modelo de partículas.

Sobre as aulas, elas foram planejadas de forma que houvesse trabalhos em grupo seguido de discussões com toda a turma e mediada pela professora. Nesse sentido, os alunos realizavam experiências e discutiam suas observações e conclusões com o próprio grupo, com a professora e com toda a turma.

Na primeira aula, a professora envolveu os alunos em uma atividade experimental. Nessa atividade, inicialmente, os alunos deveriam mergulhar a mão em recipientes contendo água gelada e depois mergulhar a mesma mão em um recipiente contendo água em temperatura ambiente. O mesmo procedimento era repetido usando água morna. O objetivo dessa atividade era destacar a limitação dos sentidos para monitorar a temperatura. Durante a discussão em grupo, a professora observou que os alunos estavam usando diferentes termos para explicar o que eles tinham observado. Então, no momento de discussão com a turma, a professora encorajou os alunos a explicar o que eles estavam entendendo por calor e temperatura. Essa discussão pode ser observada no diálogo a seguir:

Professora: Então, como você explica isso? O que acontece quando sentimos quente e frio?

Aluno 2: Talvez a temperatura da água passa para a sua mão quando você a coloca na água.

Professora: O que passa para a sua mão?

Aluno 2: A temperatura.

Professora: A temperatura? Você concorda com isso?

Aluno 5: Houve uma mudança de calor.

Professora: Mudança de calor. O que é isso? Você pode explicar por favor?

Aluno 3: Havia uma espécie de difusão. A temperatura da água passa para a sua mão, e da sua mão para a água.

Aluno ? : Eu acho que é uma mudança de temperatura.

Aluno 6: O calor aquece a água fria até um ponto em que a temperatura não transfere mais frio nem calor.

Professora: Eu não entendo o que você está dizendo. Eu quero saber o que muda entre a água e mão. . . temperatura ou calor?

Aluno ? : Temperatura.

Aluno ? : É calor, uma mudança de calor.

Professora: Bem, você deve justificar suas ideias.

Aluno ? : É porque a temperatura é feita pelo calor.

Professora: Hmm...

Aluno 1: Eu acho que há uma mudança de calor porque nosso corpo tem temperatura constante.

Professora: Hmm...

Aluno 1: Então, se você colocar sua mão em uma bacia de água morna, a sua temperatura permanece mais ou menos a mesma. Há uma alteração de calor. O calor se refere ao que você sente. Então, há uma mudança de calor e não uma mudança de temperatura.

Aluno 7: É isso. E o calor pode ser frio ou quente. Pode ser um calor frio ou quente.

Professora: Você concorda com isso? Movimento de calor frio e calor quente?

Alunos: Não.

Aluno ? : A temperatura é apenas uma medida.

Professora: Por favor aluno 7, explique de novo, porque quando vocês estavam dizendo calor quente e frio eu vi alguém olhando surpreso.

Aluno 7: Eu acho que o calor, quando falamos de calor não significa apenas um calor quente, ele pode ser calor frio. Por exemplo, em água fria nós temos calor frio e sentimos que frio.

- Nesse primeiro momento, quais ações da professora você achou mais interessante? Por quê?
- Você costuma agir dessa forma com seus alunos em sala de aula?
- Você faria algo diferente nessa situação? Por quê?

Na segunda aula, a professora organizou uma atividade em grupo para discutir a ideia dos alunos sobre 'calor quente e calor frio'. Nessa atividade, os alunos deveriam medir a temperatura de fusão de dois sistemas, (1) gelo com sal e (2) gelo, usando um termômetro. Um dos objetivos dessa atividade era mostrar aos alunos que a ideia de quente e frio é relativa. Isto é possível através da comparação entre os dois sistemas, o sistema com gelo que é considerado pelos alunos como 'frio', é 'quente' quando comparado com o sistema gelo com sal. A partir desse experimento, a professora retomou a discussão ocorrida na aula anterior, como pode ser visto no diálogo a seguir:

Professora: Agora vamos voltar à nossa pergunta. Na semana passada, alguns grupos estavam falando que havia dois tipos de calor: calor quente e frio. Na verdade, esta não é uma ideia nova. Muitas vezes, nós pensamos sobre o calor em termos do tato e temos distintos sentidos de quente e frio. Então, nós naturalmente aceitamos que existem dois opostos e que são coisas separadas – calor quente, o qual objetos quentes possuem; e calor frio, o qual objetos frios possuem. Mas, temos de examinar essas ideias para ver se eles podem nos ajudar a entender a noção de calor ou não. Assim, há duas coisas aqui. A primeira relaciona-se com o que chamamos de "frio", ou "o frio". Não há nada que é absolutamente frio, não é? Por exemplo, derretimento do gelo. . . pensamos que é muito frio, mas é isso comparado com gelo e sal? Está frio?

Aluno ? : Não.

Professora: Não, é quente. É uma fonte de calor. Se você colocar os dois em contato, a fusão do gelo puro vai passar calor para o gelo com sal. O que é frio? Posso dizer que é menos quente e o contrário também é verdadeiro, quente é menos frio. Frio e quente são ideias relativas, não são? É uma questão de comparar as coisas. Assim, essa ideia ajuda a pensar em dois tipos de calor, um associado com objetos quentes e outro com frio? Há um segundo ponto importante.

- Qual a sua opinião sobre as ações da professora nesse momento?
- Você faria algo diferente nessa situação? Por quê?
- Você faz algo similar em suas aulas? (Se sim) Em que sentido? (Se não) Por quê? O que você faz de diferente?

Após esse momento de introdução, a professora discutiu com os grupos que no experimento estava ocorrendo uma 'transferência de calor' em vez de 'troca de calor' como eles estavam pensando. Na sequência, ela deu início à discussão com toda a turma. Nesse momento, a professora solicitou que os diferentes grupos explicassem o fato do mercúrio subir quando o termômetro era movido de um sistema para o outro. Essa discussão pode ser observada no diálogo a seguir:

Professora: Quais são as ideias dos grupos? É correto dizer que a água gelada transfere o calor para o termômetro e essa é a razão para o mercúrio subir?

Aluno 1: Eu não acho que a água transfere calor, mas que o termômetro mede o calor e o resultado é a temperatura.

Professora: Por que não?

Aluno 1: A água não transfere calor para o termômetro. O termômetro está ali apenas para medir a temperatura da água.

Professora: Quem concorda com Aluno 1? Quem tem uma explicação diferente?

Aluno 2: Eu acho que há uma transferência de calor, porque quando você coloca o termômetro na água salgada, que estava a uma temperatura mais baixa do que quando você o coloca no copo com gelo puro, a temperatura sobe, então ele está tomando o calor que é fornecido pelo gelo.

Professora: E de onde vem esse calor vem?

Aluno 2: Do derretimento do gelo.

Professora: Aluno 3, o que você acha?

Aluno 3: Que existe uma mudança de calor.

Professora: Por quê?

Aluno 3: Porque o termômetro mede temperaturas e, por isso deve ter uma mudança de calor. O termômetro tem de tomar o calor para obter a temperatura do material que está sendo medido, de outra forma, não iria medir a temperatura.

Professora: Estudante 4, o que você achou?

Aluno 4: Eu acho que há uma mudança.

Professor: Por quê?

16. Aluno 4: Eu acho que o termômetro está medindo a temperatura, mas além disso a água está dando calor ao termômetro.

- Nesse momento, a professora envolve os alunos em uma discussão sobre as possíveis explicações para o comportamento do mercúrio. Você considera importante engajar os alunos em discussões sobre os diferentes pontos de vistas? Por quê?
- Você faz isso em suas aulas? Como?

Questões gerais

1. Pensando em todos os momentos, quais ações ou fala da professora você achou mais significativas para o processo de ensino? Em sentido?
2. Se você tivesse que escolher uma parte como a mais significativa, qual seria? Por quê?
3. Em algum momento você se identificou com essa professora? De que forma?
4. Pensando em suas aulas, você busca envolver os alunos em um processo similar? Por quê?
5. Você acha que essa sequência de ensino favorece o desenvolvimento da argumentação em sala de aula? Por quê?
6. Quais os aspectos ou elementos presentes na sequência de ensino te fazem acreditar que ela está relacionada à argumentação?
7. O que você entende por argumentação em sala de aula?

PROTOCOLO DA ENTREVISTA FINAL COM A PROFESSORA

Parte 1 – Relativa aos conhecimentos pedagógicos de conteúdo

1. O último conteúdo a ser ensinado por você foi equilíbrio químico. O que você considerou importante ensinar em relação ao conteúdo de equilíbrio químico? Por quê?
2. E em relação aos alunos, o que você esperava que eles aprendessem sobre (a ideia que ela considera importante)? Por que você considera importante que eles aprendam isso? Suas expectativas foram atendidas? Em que sentido?
3. Quando você começou a ensinar equilíbrio químico, seus alunos possuíam algum conhecimento sobre o assunto? Como você teve acesso a esses conhecimentos dos alunos?
4. Nesse momento, como foi o planejamento das suas aulas?
5. Quando você montou o planejamento, você pensou ou considerou as dificuldades dos alunos em relação a esse conteúdo?
6. Como você se preparou para lidar com as essas ideias dos alunos em sala de aula?
7. Como as ideias dos alunos influenciaram o planejamento de aula?
8. Como você avaliou o desenvolvimento das ideias dos alunos durante o ensino?
9. No ensino do conteúdo equilíbrio químico, que tipo de recurso você considera que pode favorecer a aprendizagem dos seus alunos? Por quê?
10. Você utilizou algum desses recursos para ensino o conteúdo? (Se sim) Por quê? (Se não) Quais foram os motivos de você não utilizar tais recursos?
11. Como você avaliou a aprendizagem de seus alunos? Por quê?

Parte 2 – Relativo à modelagem

1. Nessas aulas você utilizou a estratégia de modelagem para discutir o conteúdo de equilíbrio químico. Você tem o costume de utilizar essa estratégia para discutir alguns conteúdos?
2. Quais as contribuições de ensinar um conteúdo a partir da estratégia de modelagem?

3. Os alunos que acompanhei já haviam tido oportunidade de vivenciarem uma atividade de modelagem?

(Se sim) Como foi esse momento? Você acha que isso contribuiu para a participação deles nesse momento? Em que sentido?

(Se não) O que a falta de experiência dos alunos implicou no processo vivenciado por eles?

4. Questões relativas às filmagens.

Parte 3 – Relativos aos aspectos de argumentação e modelagem

1. Como você acha que seus conhecimentos relativos a modelagem (conhecimento sobre a atividade de modelagem e de como envolver os alunos nesse contexto) influenciaram as suas aulas sobre equilíbrio químico?

2. E, em relação a argumentação, como você acha que os seus conhecimentos influenciaram as suas aulas sobre equilíbrio químico?

3. Você acha que esses conhecimentos foram relacionados por você em algum momento? Como você percebe esta relação no ensino?

4. Em nossa última conversa, você me disse que acreditava que haveria diferença em relação a participação dos alunos no contexto do júri simulado e da modelagem, principalmente, no que diz respeito a construção dos argumentos. Isto porque, no contexto do júri, os alunos deram grande atenção a questão das fontes das evidências. Porém, no contexto de modelagem, você acreditava que eles iriam recorrer mais aos seus conhecimentos prévios devido ao caráter da atividade, não favorecer a discussão na dimensão sociocientífica. Essa sua expectativa foi correspondida?

(Se sim) Como você percebeu isso?

(Se não) Por que você acha que os alunos não recorreram aos conhecimentos prévios?

5. Como você avalia a argumentação desenvolvida pelos alunos no contexto da modelagem?
6. Em nossa última conversa, você me disse que, em modelagem, você esperava trabalhar com argumentação a partir de discussões com os grupos durante as construções e apresentação dos modelos. Você conseguiu atingir o seu objetivo? Por quê?

7. Em relação ao momento de exposição dos modelos, você me disse que a sua intenção era solicitar aos alunos que eles defendessem seus modelos, identificassem as diferenças entre os modelos apresentados e formulassem críticas aos modelos dos colegas. Você conseguiu atingir os seus objetivos nesse momento? (Se sim) De que forma? (Se não) Por que não foi possível realizar essas ações? Em uma nova situação, você faria diferente? O que seria? E, por quê?
8. Sobre a participação dos alunos, você me disse que as suas expectativas era de que os alunos apresentassem seus modelos e percebessem as diferenças, porém, você acreditava que eles não iriam confrontar ou criticar os modelos propostos por seus colegas, certo? Essa sua expectativa foi correspondida? Em que sentido?

(Se sim) Você realizou alguma ação a fim de contornar essa situação? Qual foi a importância dessas suas ações para engajar os alunos em uma discussão sobre seus modelos?

(Se não) Quais as possíveis contribuições desse momento de discussão (avaliação, crítica etc.) sobre os modelos para o desenvolvimento dos alunos?
9. Você me disse que iria tentar instigar os alunos a perceberem as diferenças entre os modelos que eles estavam apresentando porque considerava isso algo importante. Por que você acredita que isso é importante? Você conseguiu instiga-los? (Se sim) Como você fez isso? (Se não) Por quê? E, em uma outra situação, como você faria isso?
10. Após a situação do júri simulado e do ensino de equilíbrio químico, você elaborou avaliações bimestrais. Nesses momentos, você incorporou nas avaliações alguns aspectos que foram discutidos ao longo desses momentos? (Se sim) De que forma você fez isso? Qual era a sua intenção ao envolver esses aspectos na avaliação? Por que? (Se não) Por que você não envolveu tais aspectos? Você considera que isso seria importante para o processo de aprendizagem dos alunos?
11. Como foram os dois momentos de planejamento das atividades? Quais foram os principais desafios? Houve diferenças entre esses momentos de planejamento? Por quê?
12. Pensando no processo como um todo, em uma outra situação (sem limite de tempo), você faria algo de diferente? Em que sentido? Por quê?

13. Você já ouviu falar ou leu em algum lugar sobre práticas científicas? O que você entende por práticas científicas?
14. Você acha que a modelagem pode ser considerada uma prática científica?
(Se sim) Em que sentido? Por quê? (Se não) Por quê?
15. E a argumentação, você considera que ela seja uma prática científica?
(Se sim) Em que sentido? Por quê? (Se não) Por quê?
16. Algumas pessoas têm considerado a modelagem como uma prática científica, tendo em vista que essa é uma atividade realizada pelos cientistas durante o processo de construção do conhecimento. Por outro lado, outras pessoas acreditam que a modelagem pode ser entendida como um conjunto de práticas científicas, pois envolve análise e interpretação dos dados, formulação de argumentos, uso de investigação etc. Com qual das duas posições você concorda? Por quê?
17. De alguma forma você acha que os dois grupos de pessoas podem estar certos?
(Se sim) Em que sentido? (Se não) Por quê?
18. Como você convenceria o outro grupo de pessoas em relação ao seu ponto de vista?