

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

**ANÁLISE DAS INFLUÊNCIAS DO ENSINO
EXPLÍCITO DE ARGUMENTAÇÃO NOS
CONHECIMENTOS DOCENTES SOBRE
ARGUMENTAÇÃO DE PROFESSORES DE
QUÍMICA EM FORMAÇÃO INICIAL**

Belo Horizonte, 2015

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

**ANÁLISE DAS INFLUÊNCIAS DO ENSINO EXPLÍCITO
DE ARGUMENTAÇÃO NOS CONHECIMENTOS
DOCENTES SOBRE ARGUMENTAÇÃO DE
PROFESSORES DE QUÍMICA EM FORMAÇÃO
INICIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação e Ciências

Orientadora: Profa. Dra. Rosária Justi

Belo Horizonte

Faculdade de Educação

2015

À Paula Cristina Cardoso Mendonça, por ter despertado em mim a paixão pela pesquisa. A você, minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar forças, iluminar meus caminhos durante os momentos de construção desse sonho, e por me cercar de pessoas tão maravilhosas, as quais, nesse momento, expresso um pouco da minha gratidão.

À minha querida orientadora e amiga Rosária Justi, pela dedicação e atenção nas discussões sobre o trabalho, por compreender as minhas dificuldades e me ajudar a superá-las. Agradeço pela confiança depositada em mim, pelas oportunidades proporcionadas e, principalmente, pela amizade construída.

À minha amiga Paula Cristina, a quem devo um MUITO obrigado! Agradeço imensamente pela oportunidade, durante a Iniciação Científica, de conhecer o maravilhoso mundo da pesquisa em Educação, e pelas nossas conversas, as quais me ajudaram a crescer enquanto pesquisadora, professora e pessoa. E claro, sou muito grata por todos os momentos compartilhados durante esses anos e pelas valiosas ajudas nos momentos de inquietação.

Aos amigos do grupo de pesquisa “Reagir – Modelagem e Educação em Ciências”, agradeço a chance de trabalhar com vocês. Essa possibilidade tem contribuído imensamente para a minha formação e muito me inspirar a ser uma profissional competente. Em especial, agradeço a Marina, pelas inúmeras discussões sobre argumentação e pelo constante incentivo. E, a Nilmara, por todo apoio durante os momentos de construção do trabalho.

À minha grande família, por fazer de mim quem sou e por estar sempre presente, me apoiando, me ouvindo e, principalmente, torcendo pela realização dos meus sonhos. Agradeço por ter vocês em minha vida!

Ao Henrique, por dividir comigo as alegrias e ansiedades provenientes da pesquisa. Agradeço pelo companheirismo, por compreender os momentos de muito cansaço e a falta de tempo, e por me proporcionar momentos de sossego em meio ao caos. Sou muito grata por poder contar com seu carinho e incentivo.

Aos grandes amigos Felipe e Lucas, pelos encontros memoráveis. Agradeço pelos anos de amizade e pelo apoio em todos os momentos.

Às alunas da universidade, por aceitarem participar dessa pesquisa.

Às professoras Salete Queiroz e Danuza Munford, que gentilmente aceitaram compor a banca de avaliação dessa dissertação.

RESUMO

Vários autores ressaltam as contribuições da argumentação para o ensino de ciências e destacam a relação entre a prática do professor e a argumentação dos alunos, além de salientar a importância do professor na condução e criação de situações argumentativas em sala de aula. Portanto, é essencial que o professor tenha conhecimentos sobre argumentação para que possa efetivamente favorecer a ocorrência e conduzir situações argumentativas em suas salas de ciências. Essa necessidade implica que o professor tenha, em algum momento de sua formação, oportunidades de começar a desenvolver esses conhecimentos. Essas considerações nos estimularam a investigar as influências do ensino explícito de argumentação nos conhecimentos docentes sobre argumentação de professores de química em formação inicial. Neste trabalho, estabelecemos duas categorias de conhecimentos as quais julgamos essenciais para o ensino pautado em argumentação: *conhecimento sobre argumentação*, o qual engloba elementos como evidência e justificativa, e as capacidades de propor teoria alternativa, contra-argumentação e refutar; e *conhecimento para a ação docente em argumentação*, o que envolve os conhecimentos de estratégias de ensino e materiais instrucionais, e habilidades para conduzir situações argumentativas. Portanto, nossa investigação foi direcionada para cada uma das dimensões desses conhecimentos. Com o intuito de atingir nosso objetivo, acompanhamos as aulas de uma disciplina de um curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública durante um semestre letivo. Nesta disciplina ocorre ensino explícito de argumentação. Todas as aulas foram registradas em vídeo e os materiais produzidos e utilizados pelas seis alunas foram coletados. Além disso, foram feitas notas de campo. A integração dos dados provenientes de diversas fontes nos permitiu construir um estudo de caso que retrata o ensino explícito de argumentação vivenciado na turma. A análise dos dados indicou que o ensino explícito de argumentação influenciou na aprendizagem conceitual das alunas sobre argumentação, principalmente em relação aos elementos evidências e justificativas. Entretanto, elas tiveram algumas dificuldades quando precisaram mobilizar esse conhecimento em situações dialógicas. Assim, embora as alunas tenham desenvolvido seus conhecimentos conceituais sobre argumentação, o uso da abordagem argumentativa em situações de ensino ainda parecer ser desafiador. Além disso, percebemos que houve influência no conhecimento sobre argumentação para a ação docente. Porém, esta parece ter sido restrita apenas aos conhecimentos de estratégias de ensino e materiais instrucionais. Acreditamos que o domínio das habilidades para conduzir situações argumentativas tenha sido comprometido por outros conhecimentos que fogem ao escopo do ensino explícito de argumentação. As conclusões desse trabalho indicam contribuições para a área de formação de professores em argumentação no que diz respeito aos conhecimentos essenciais ao ensino por argumentação e, sobre a estrutura dos programas de formação inicial direcionados ao ensino sobre argumentação.

ABSTRACT

Many authors emphasise the contributions of argumentation to science teaching, the relationship between teachers' practice and students' argumentation, and the importance of teachers' role in generating and conducting argumentative situations in regular classrooms. Therefore, it is essential that teachers have knowledge on argumentation in order to really promote the occurrence of, and conduct, argumentative situations in their science classrooms. This implies that, at any moment during their education, teachers have opportunities to start the development of their knowledge on argumentation. Such assumptions motivated us to investigate the influence of the explicit teaching of argumentation into chemistry pre-service teachers' knowledge on argumentation. In this study, we proposed two categories of knowledge that we view as essential for argumentation-based teaching: *knowledge on argumentation*, which includes the elements like evidence, justification and the skills of proposing alternative theory, counter-argumentation, and refutation; and *knowledge to teaching actions in argumentation*, which includes knowledge of related teaching strategies and instructional materials, as well as skills needed to conduct argumentative situations. Therefore, our study was guided by each of the domains of these two types of knowledge. In order to reach our aim, we follow all the classes of an undergraduate course of an initial chemistry teachers' training course in a Brazilian public university during a whole academic semester. In this course, argumentation is explicit taught to future teachers. All the lessons were video-recorded, and the materials produced and used by the six future teachers were collected. Field-notes were also produced. The integration of data from different sources supported the building of a case study that presents the explicit teaching of argumentation experienced by the individuals. Data analysis shows that the explicit teaching of argumentation influenced the future teachers' conceptual knowledge, mainly in terms of the elements evidence and justification. However, the future teachers had some difficulties when they tried to use such knowledge in dialogic situations. Although the future teachers had developed their conceptual knowledge of argumentation, the use of argumentative teaching situations can still be challenging for them. We also realise that there was an influence on the future teachers' knowledge to teaching actions in argumentation. However, it seems that such an influence is limited to knowledge of teaching strategies and instructional material. We conclude that the domain of the skills needed to conduct argumentative situations had been limited by other knowledge and facts that are out of the scope of explicit teaching of argumentation. The conclusions of this study point to contributions of argumentation to future teachers' knowledge, mainly to their core knowledge in argumentation-based teaching, and to the organisation and structure of teachers' initial education in training contexts related to argumentation.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE QUADROS	x
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2. ARGUMENTAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS	5
Ensino de Ciências fundamentado em argumentação	5
Contribuições da prática argumentativa para a aprendizagem dos alunos	8
O impacto da prática do professor na argumentação dos alunos	11
CAPÍTULO 3. CONHECIMENTO DOCENTE E FORMAÇÃO DE PROFESSORES EM ARGUMENTAÇÃO	15
Conhecimentos básicos do professor	15
Ensino de argumentação na formação inicial e continuada de professores	19
Conhecimentos básicos do professor em argumentação	26
CAPÍTULO 4. QUESTÕES DE PESQUISA.....	34
CAPÍTULO 5. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	35
Metodologias de pesquisa qualitativa na Educação	35
Contexto da coleta de dados.....	38
Metodologia de coleta de dados.....	42
Metodologia de análise de dados	47
CAPÍTULO 6. RESULTADOS	52
Aulas envolvendo discussões focadas em argumentação	52
Aula 1.....	52
Aula 2.....	54
Aula 3.....	60
Aula 4.....	62
Aula 5.....	68
Aula 6.....	72
Aula 7.....	75
Aula 8.....	79
Aula 9.....	83

Aula 10.....	87
Aula 11.....	94
Outras aulas	98
Aula 12.....	99
Aula 13.....	101
Aula 14.....	103
Aula 15.....	104
Aula 16.....	111
Apresentação das aulas simuladas.....	114
Aula 17 - Aula simulada da aluna Gisele	115
Aula 18 - Aula simulada da dupla Letícia e Lara	120
Aula 19 – Aula simulada da dupla Rafaela e Isis	125
Capítulo 7. Análise do Estudo de Caso	131
Conhecimentos sobre argumentação	131
Evidências.....	132
Justificativa	138
Teoria Alternativa.....	144
Contra-argumento.....	149
Refutação	152
Conhecimentos para ação docente em argumentação	157
Estratégia de Ensino	158
Materiais Instrucionais.....	162
Habilidades para conduzir situações argumentativas.....	167
CAPÍTULO 8. CONCLUSÕES.....	173
CAPÍTULO 9. IMPLICAÇÕES	188
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	196
ANEXOS	202
Anexo 1. Halloween Crush	202
Anexo 2. Por que sabemos o que sabemos?.....	205
Anexo 3. Crânio de Copérnico.....	206
Anexo 4. Bonecos de neve	208
Anexo 5. Atividade simulada – Lara e Rafaela	210
Anexo 6. Atividade simulada – Letícia e Gisele	212
Anexo 7. Atividade simulada – Isis e Maria.....	216

Anexo 8. Atividade verificacional – Reações químicas.....	218
Anexo 9. Atividade verificacional – Equilíbrio Químico	221
Anexo 10. Atividade verificacional – Cinética Química.....	224
Anexo 11. Modificação do roteiro de Reações Químicas – Lara e Rafaela.....	227
Anexo 12. Modificação do roteiro de Equilíbrio Químico – Maria e Letícia	231
Anexo 13. Modificação do roteiro de Cinética Química – Gisele e Isis.....	233
Anexo 14. Atividade simulada final – Gisele	235
Anexo 15. Atividade simulada final – Letícia e Lara	236
Anexo 16. Atividade simulada final – Isis e Rafaela	241

LISTA DE FIGURAS

Figura 6.1. Modelo representado pelas alunas para explicar o pigmento em contato com o papel.....	127
Figura 6.2. Modelo representado pelas alunas para explicar o arraste das cores.	127

LISTA DE QUADROS

Quadro 7.1. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem de evidências.	133
Quadro 7.2. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem de justificativas. ..	139
Quadro 7.3. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem de teoria alternativa.	144
Quadro 7.4. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem de contra-argumento.	150
Quadro 7.5. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem de refutação.....	153
Quadro 7.6. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem do conhecimento de estratégias de ensino.	159
Quadro 7.7. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem do conhecimento de materiais instrucionais.	163
Quadro 7.8. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem de habilidades favoráveis à prática argumentativa.....	168

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a reformulação do ensino médio no Brasil, estabelecida pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1996, o ensino médio passou a ser concebido como etapa conclusiva da educação básica de todos os estudantes, deixando assim de ter caráter preparatório para a universidade ou para a profissionalização. O ensino de caráter propedêutico, como o que era praticado antes da citada reformulação, se destinava a preparar o aluno para o ensino superior. Assim, no Brasil, o ensino pré-universitário era recheado de tópicos de conteúdos e listas de exercícios que eram direcionadas à repetição desses, pois o aluno passaria por uma seleção que exigiria esse conhecimento. Por outro lado, o ensino profissionalizante enfatizava principalmente o saber prático, uma vez que o objetivo era a formação profissional. Neste ensino, a aprendizagem é direcionada ao desenvolvimento das habilidades requeridas para a realização de uma atividade, habilidades essas que são conquistadas através da prática, da repetição ou de um desenvolvimento mecânico.

Conceber o ensino médio como uma etapa final da educação básica nos parece mais coerente, uma vez que nem todos os alunos desejam e/ou têm a oportunidade de ingressar em uma universidade ou de atuar como profissionais técnicos. Ou seja, o ensino precisa, também, ter significado para essa parcela da população que não vai prosseguir os estudos. Além disso, os alunos vivem em uma sociedade marcada por rápidas mudanças, pela integração e dinamicidade. Isto porque, diferente do que acontecia anos atrás, discussões que antes eram restritas a uma área de conhecimento como a ciência, têm adentrado a vida de todos os sujeitos através dos meios de comunicação. Portanto, um conhecimento prático ou estritamente conceitual não é suficiente para que esses sujeitos possam discutir as questões que chegam até eles. Além disso, através das mídias, tem-se acesso aos diferentes posicionamentos sobre determinada questão, o que exige que o sujeito faça uma avaliação dos mesmos para construir sua própria opinião. Por exemplo, no supermercado, o cidadão precisa decidir se utiliza ou não as sacolas plásticas ou, ainda, que tipo de sacolas plásticas ele utiliza (por exemplo, sacolas convencionais ou biodegradáveis). Diferentes informações sobre esse tema são divulgadas pelas mídias com grande frequência, pois o uso das sacolas plásticas se tornou uma questão controversa nos últimos anos devido ao seu consumo excessivo e à consequente poluição causada por elas. Então, cabe aos cidadãos decidir, com base na avaliação das informações, pelo consumo ou não dessas embalagens. E, para se posicionar

frente à questão, o cidadão precisa saber avaliar criticamente as informações disponíveis (e, se for o caso, até buscar outras).

Além dos posicionamentos mais gerais, os cidadãos precisam tomar decisões, em seu cotidiano, que impactam diretamente em suas vidas. Por exemplo, as discussões sobre os malefícios relacionados ao consumo de alimentos transgênicos estão cada vez mais presentes nos meios de comunicação. Por outro lado, há posicionamentos favoráveis ao consumo desses alimentos (por exemplo, os sustentados na possibilidade de incorporar nutrientes aos alimentos, como a incorporação de vitamina A ao arroz transgênico) e à utilização de transgênicos na agricultura (por exemplo, pautados na capacidade de tornar um alimento transgênico resistente a uma praga). O cidadão precisa decidir pelo consumo ou não desse tipo de alimento. Essa decisão pode ser tomada apenas com base nos discursos midiáticos, mas espera-se que um cidadão escolarizado possa se decidir de forma autônoma (e a partir de uma compreensão ampla desses discursos) e seja consciente do porquê de sua escolha.

Tendo em vista a formação cidadã, os Parâmetros Curriculares Nacionais + Ensino Médio (PCN+) (MEC, 2001b) consideram que, ao final da escolarização básica, o aluno precisa estar formado para a vida. Isto significa ser capaz de: saber se informar, comunicar-se de forma clara, argumentar, compreender e agir; enfrentar problemas de diferentes naturezas; participar socialmente, de forma prática e solidária; ser capaz de elaborar críticas ou propostas; e adquirir uma atitude de permanente aprendizado. Portanto, o aluno precisaria desenvolver habilidades além do conhecimento de conteúdo curricular e de saberes profissionais. Logo, o ensino deve oportunizar o desenvolvimento dessas habilidades.

A formação cidadã ou para o exercício da cidadania não é apenas um objetivo nacional. No documento americano que propõe uma estrutura para o ensino de ciências na educação básica, encontramos aspirações similares às defendidas pelos documentos nacionais brasileiros.

“Ao final do 12º ano, os alunos devem ter adquirido conhecimentos suficientes das práticas, conceitos transversais e ideias centrais de ciências e engenharia para que possam se engajar em discussões públicas sobre questões científicas, serem consumidores críticos de informações científicas relacionadas com seu cotidiano e possam continuar a aprender sobre ciências em suas vidas.”
(National Research Council, 2012, p. 9)

Entretanto, para que o ensino básico possa ter fim em si mesmo e atender às pretensões para a formação cidadã, é preciso rever as práticas curriculares. Em muitas escolas, os processos de ensino e aprendizagem são, ainda, baseados em uma relação de transmissão-recepção, na qual o professor repassa seus conhecimentos de conteúdo ao aluno, sem que esse participe ativamente do processo de aprendizagem. Dessa forma, o ensino é fundamentado em verdades científicas (MEC, 2006) e não favorece a formação do aluno para a vida ou a formação cidadã.

Nesse trabalho, discutimos as possíveis contribuições do ensino de ciências para a formação cidadã, especialmente os aspectos relacionados à tomada de decisão e ao desenvolvimento de uma visão mais adequada sobre ciências. Nessa perspectiva, o ensino deveria permitir que o aluno percebesse que a ciência é uma construção social, que o conhecimento é produto do trabalho de uma comunidade e que essa conta com práticas para estabelecê-lo, ampliá-lo e refiná-lo (National Research Council, 2012).

No documento americano previamente mencionado (National Research Council, 2012) encontramos, explicitamente, o argumento de que o ensino de ciências pautado em investigação tende a favorecer o desenvolvimento da visão de ciência como empreendimento social. No ensino investigativo, o aluno teria oportunidade de vivenciar um processo similar aos vivenciados por cientistas nas comunidades científicas. Os alunos poderiam se engajar em práticas que são comuns nas ciências como, por exemplo: formular questões; desenvolver e usar modelos; planejar e realizar investigações; analisar e interpretar dados; construir explicações; argumentar a partir de evidências; e avaliar, obter e comunicar informações. Além disso, a investigação científica exige que o aluno se aproprie da linguagem e da cultura que são próprias dessa área de conhecimento e que as difere das demais (Duschl & Osborne, 2002; Lehrer & Schauble, 2006).

Vale ressaltar que a investigação, por si só, não representa o empreendimento científico. Para que o aluno possa reconhecer o papel da mesma na ciência e desenvolver seu entendimento, ele deve ter a oportunidade de se engajar em uma discussão crítica sobre a investigação (Duschl & Osborne, 2002). Zembaul-Saul (2009), ao discutir sobre o ensino de ciências no nível fundamental, ressalta que os estudantes precisam ser engajados em investigações científicas nas quais eles possam dar suporte a afirmações com evidências, construir argumentos e considerar explicações alternativas – isto é, participar de situações argumentativas.

Nesse trabalho, defendemos o uso da argumentação no ensino, pois acreditamos que essa prática pode colaborar tanto para a formação cidadã, uma vez que pode contribuir para a tomada de decisão, quanto para a formação científica, pois auxilia a aprendizagem de conceitos científicos e o desenvolvimento de uma visão mais adequada de ciências (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2008). Nele, especificamente, temos por objetivo avaliar a influência do ensino sobre argumentação no conhecimento docente sobre argumentação de professores de Química em formação inicial, tendo em vista as contribuições da prática argumentativa no ensino de ciências. Para subsidiar essa discussão, no próximo capítulo abordamos as contribuições da prática argumentativa no ensino de ciências, provemos evidências dos impactos desse ensino no desenvolvimento do aluno e, por fim, salientamos a importância do papel do professor frente a essa abordagem de ensino.

Tendo em vista a importância da prática do professor para o trabalho com argumentação em sala de aula, no capítulo 3, buscamos discutir sobre os conhecimentos básicos do professor necessários para essa prática. Mais especificamente, discutimos pesquisas que retratam o desenvolvimento da argumentação em programas de formação de professores e, a partir disso, apresentamos e discutimos os conhecimentos básicos do professor sobre argumentação, ou seja, os conhecimentos essenciais para que o professor possa ensinar ciências por argumentação.

No capítulo 4, expressamos nossas questões de pesquisa e tecemos considerações sobre as possíveis contribuições destas para a literatura da área. No capítulo 5, apresentamos a metodologia utilizada na coleta de dados e para análise dos mesmos, o que resultou em evidências para as nossas conclusões. Ainda nesse capítulo, buscamos destacar aspectos relevantes sobre a amostra e o contexto de ensino vivenciado por ela. Por último, descrevemos o processo de análise dos dados e construção de evidências.

Nos capítulos 6 e 7, os dados provenientes da coleta de dados são apresentados e as evidências geradas a partir deles são discutidas com base na literatura.

Por último, no capítulo 8, tecemos as principais conclusões provenientes de nossa análise e, no capítulo 9, estabelecemos algumas implicações para a formação de professores focada em argumentação, assim como para o campo de pesquisa em argumentação e formação de professores.

CAPÍTULO 2. ARGUMENTAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS

Ensino de Ciências fundamentado em argumentação

Com o intuito de justificar a mudança na abordagem de ensino da tradicional para uma fundamentada em práticas argumentativas, comentamos alguns problemas decorrentes do ensino tradicional e discutimos as possíveis contribuições da prática argumentativa para o ensino ciências.

Entendemos que o ensino dito “tradicional” está associado à práticas de ensino baseadas apenas em fatos científicos ou teorias científicas, sem a discussão do processo de construção do conhecimento com o aluno. Nele, o aluno recebe o conhecimento como um produto pronto, do qual desconhece a forma de produção. Dessa forma, o papel do aluno é, apenas, o de receber e assimilar o conhecimento produzido por outros.

Duschl (1990) ressalta que ensinar ciências como um produto, ou seja, considerar apenas os resultados das investigações científicas pode levar os alunos a imaginar que o desenvolvimento do conhecimento científico é resultante da adição de novas teorias, ideias e fatos ao conhecimento já existente. Além disso, ensinar apenas o conhecimento consensual pode contribuir para a formação da falsa ideia de que na ciência não existem controvérsias.

Nesse sentido, Osborne (2012) também, destaca que essa prática de ensino pode: (i) desvalorizar o ensino e a aprendizagem de características das ciências como, por exemplo, a racionalidade e a crença no valor da evidência; (ii) limitar a oportunidade dos estudantes de considerar e explorar ideias científicas; (iii) limitar as estratégias de aprendizagem, tornando o ensino menos efetivo; e (iv) limitar o trabalho colaborativo dos alunos, o pensamento criativo e crítico. Além disso, o autor ressalta que o conhecimento científico tem adquirido um status reificado na mente dos professores e nos currículos escolares. Quando o conhecimento científico é reificado, ele deixa de ser considerado um artefato cultural que é construído socialmente, e passa a ser considerado um fato inquestionável, o qual não guarda vestígios da expressão de crenças e escolhas do seu enunciador (Latour, 2000). Segundo Osborne (2012), o problema dessa visão de ciências reificada é que a ciência é vista como um corpo de conhecimento inequívoco, incontestável e inquestionável e, dessa forma, o ensino nessa perspectiva não representa o empreendimento científico. Portanto, esse tipo de ensino pode

contribuir para uma visão inadequada ou ingênua de ciências (Driver, Newton, & Osborne, 2000).

Considerando as limitações do modelo de ensino tradicional citadas anteriormente, vários pesquisadores (Driver et al., 2000; Duschl, Schweingruber, & Shouse, 2007; Jiménez-Aleixandre, 2010; Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2008; McNeill & Pimentel, 2010; Osborne, 2012) têm defendido o uso de uma abordagem mais dialógica ou discursiva para o ensino de ciências, em especial, uma abordagem fundamentada em argumentação. Jiménez-Aleixandre (2010) aponta, especificamente, três contribuições do ensino de ciências pautado em argumentação. Segundo a autora, o ensino envolvendo argumentação pode favorecer: o desenvolvimento da competência de aprender a aprender, o desenvolvimento do pensamento crítico, e a aprendizagem sobre a cultura científica.

Jiménez-Aleixandre (2010) define a competência de aprender a aprender como a capacidade do sujeito de continuar a aprender ao longo da vida de forma autônoma. A aprendizagem envolve um processo cognitivo do sujeito que não pode ser acessado pelo professor, pois se trata de um processo mental. Porém, o professor pode ter acesso à maneira como o aluno aprende ou ao que ele aprendeu, quando esse explicita o seu processo de raciocínio. Uma das formas de tornar público os raciocínios é através do uso da linguagem, seja ela escrita ou oral (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2008). O ato de explicitar o raciocínio pode favorecer a reflexão do aluno sobre a sua própria aprendizagem, pois ele tem a oportunidade de regular os seus conhecimentos (Sampson, Enderle, Grooms, & Witte, 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 o 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 do conhecimento dele, formando, assim, uma comunidade de aprendizes (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Portanto, a argumentação pode favorecer o desenvolvimento da competência de aprender a aprender por fornecer aos alunos a oportunidade de explicitar seus raciocínios e de regular o seu processo de aprendizagem (Jiménez-Aleixandre, 2010). Isto porque o aluno precisa justificar suas afirmações e apresentar as evidências que as sustentam. Esse processo de pensar e avaliar as suas próprias teorias pode contribuir para a compreensão e o desenvolvimento do conhecimento por parte do aluno (B. B. Schwarz, 2009). Em contrapartida, o ensino tradicional tende a não oferecer ao aluno a oportunidade de

desenvolver essa competência, pois os momentos destinados à participação e explicitação dos raciocínios são raros. Portanto, o professor não tem conhecimento ou acesso a como o aluno está aprendendo e nem o aluno tem a oportunidade de refletir sobre sua aprendizagem.

O pensamento crítico pode ser associado à estruturação do argumento ou enunciado e à avaliação da consistência de um enunciado. Autores como Deanna Kuhn (1991) reconhecem o pensamento crítico como um argumento sustentado no exame de evidências. Jiménez-Aleixandre e Puig (2010) incluem na definição do pensamento crítico elementos associados à formação cidadã. Na perspectiva dessas autoras, o pensamento crítico estaria associado tanto à dimensão da argumentação quanto à formação cidadã ou emancipação social. A dimensão argumentativa é assegurada pelo uso de evidências na avaliação de argumentos, pela busca de evidências que sustentem ou não um enunciado, e pelo questionamento da autoridade através da avaliação dos argumentos. Logo, essa dimensão está relacionada ao raciocínio informal (Venville & Vaille, 2010). Além disso, a dimensão social estaria relacionada à formação da opinião independente, o que permite questionar o próprio grupo e a análise crítica de discursos. Assim, 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 contribuem para a tomada 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 e se posicionar frente a ela.

A última contribuição da argumentação ressaltada por Jiménez-Aleixandre (2010) é o favorecimento do aprender sobre ciências, que não é o mesmo que aprender conceitos de ciências. Essa aprendizagem está associada à cultura científica, ou seja, envolve a apropriação das práticas científicas como produzir, avaliar e comunicar conhecimento (Duschl & Osborne, 2002; Jiménez-Aleixandre, 2010). A argumentação é essencial para o desenvolvimento da ciência por dois motivos principais: (i) os conhecimentos são produzidos através da avaliação de evidências à luz de conhecimentos conceituais, uma vez que os pesquisadores discutem teorias controversas; e (ii) o conhecimento produzido é provisório, isto é, ele é sustentado pelas evidências e teorias disponíveis, mas, em algum momento, pode haver novas evidências que refutem esse conhecimento, contribuindo para sua modificação.

Então, ensinar ciências por argumentação favorece o entendimento sobre ciências dos alunos, pois eles terão oportunidade de discutir sobre os processos que levaram à aceitação de

uma teoria ou ideia, podendo reconhecer a ciência como um processo social (Driver et al., 2000). Ou seja, esse tipo de ensino aborda o processo de construção do conhecimento e não apenas o produto científico. Além disso, na perspectiva da argumentação, os alunos podem expressar seus raciocínios ou argumentos referentes ao conhecimento científico, o que favorece a aprendizagem da forma de se comunicar na ciência, seja oral ou escrita. No ensino tradicional, a aprendizagem sobre ciências não é favorecida, pois ao ensinar uma reificação da ciência, ele apresenta uma visão inadequada da mesma, deixando de evidenciar a dinamicidade da construção do conhecimento.

Em suma, nessa seção defendemos que fundamentar o processo de ensino de ciências em práticas argumentativas pode favorecer: a competência de aprender a aprender, o desenvolvimento do pensamento crítico e a aprendizagem sobre ciências. Na próxima seção, buscamos prover evidências dessas contribuições.

Contribuições da prática argumentativa para a aprendizagem dos alunos

Nessa seção, buscamos apresentar evidências das contribuições do ensino por argumentação, ressaltadas anteriormente, na aprendizagem do aluno. Porém, é importante salientar que, embora tenhamos apresentado as contribuições em três dimensões separadas, essas estão interligadas. Isso quer dizer, por exemplo, que o desenvolvimento do raciocínio crítico pode favorecer o desenvolvimento da competência de aprender a aprender, pois ao aprender um conteúdo, o aluno poderá ter maior consciência sobre a necessidade de conhecer as evidências e justificativas que deem suporte àquele conhecimento.

A discussão sobre questões sociocientíficas no ensino de ciências tem sido considerada uma estratégia favorável para promover a argumentação em sala de aula e, conseqüentemente, desenvolver o raciocínio crítico e a alfabetização científica¹. Isso se justifica pela natureza dessas questões, pois elas são dilemas ou controvérsias sociais que estão fundamentadas em noções científicas (Jiménez-Aleixandre, 2010). Dessa forma, as respostas a essas questões podem tanto estar associadas à avaliação das evidências quanto a aspectos emocionais envolvidos.

Por exemplo, Evagorou, Jiménez-Aleixandre e Osborne (2012) investigam a decisão e as justificativas que estudantes apresentavam sobre uma questão sociocientífica. O estudo

¹ Entendemos que a alfabetização científica está relacionada ao entendimento de conceitos e processos científicos e à utilização desses conhecimentos em questões pessoais e sociais (Cavagnetto, 2010).

envolveu alunos de 12-13 anos oriundos de duas turmas de escolas diferentes (uma no sul e outra no noroeste da Inglaterra, sendo os alunos desta última de origem indiana). Os dois grupos foram envolvidos em uma discussão sobre uma questão no campo da ecologia: “Os esquilos acinzentados deveriam ser exterminados para salvar os vermelhos?”. Apesar de ambos os grupos terem vivenciado ambientes de aprendizagem similares e terem acesso às mesmas evidências, os pesquisadores perceberam que as decisões e justificativas apresentadas pelos alunos foram bastante diferentes. Em geral, os alunos utilizaram apenas as evidências que poderiam servir como suporte para o seu próprio posicionamento e rejeitaram as demais. E, ainda, o posicionamento dos alunos estava mais fundamentado na crença ou na cultura deles do que na análise da situação problema. Diante dos resultados, os autores acreditam que a bagagem cultural dos alunos e suas crenças pessoais, tiveram grande influência na tomada de decisão e na análise das evidências.

Venville e Dawson (2010) investigam como a instrução por argumentação sobre uma questão sociocientífica baseada nas discussões sobre fibrose cística poderiam impactar no desenvolvimento de alunos com idades entre 8 e 12 anos. Para isso, elas investigaram três aspectos: a estrutura e qualidade dos argumentos, o desenvolvimento do raciocínio informal, e o entendimento conceitual. Elas utilizaram um grupo experimental, que participou de um ensino explícito de argumentação, e um grupo controle, o qual não foi envolvido no ensino por argumentação. Após a intervenção, as pesquisadoras observaram que: (i) os alunos do grupo experimental apresentaram argumentos mais complexos, ou seja, seus argumentos apresentavam garantias, apoio e qualificadores; (ii) ambos os grupos apresentaram mais argumentos racionais, baseados em evidências (porém, esse resultado foi mais expressivo nos alunos que tiveram o ensino explícito de argumentação); e (iii) o grupo experimental apresentou melhor entendimento conceitual do que o grupo controle.

Diante dos resultados encontrados por Venville e Dawson (2010) podemos supor que a melhora na aprendizagem conceitual do grupo experimental seja resultante do processo de regulação da aprendizagem, pois os alunos desse grupo se engajaram em discussões nas quais precisavam apresentar as justificativas e evidências de suas afirmações e discutir as ideias alternativas dos demais. Além disso, o fato de os alunos expressarem argumentos mais complexos pode indicar que eles se apropriaram de uma forma de comunicação mais baseada na racionalidade do que no apelo emocional, o que seria uma forma de comunicação próxima à científica.

O resultado do estudo conduzido por Evagorou et. al. (2012) nos mostra que o envolvimento emocional com a questão analisada pode se sobrepor à análise das evidências e à utilização do conhecimento científico. Por outro lado, o estudo realizado por Venville e Dawson (2010) parece não ter despertado tanto o emocional dos alunos e, por isso, as contribuições da prática argumentativa ficaram mais evidentes.

Além do uso das questões sociocientíficas, alguns pesquisadores (Cavagnetto, 2010; Duschl & Osborne, 2002; McNeill & Pimentel, 2010; Osborne, 2014; Sampson et al., 2013) têm apostado em outras estratégias de ensino que favorecem o ensino autêntico de ciências. Entende-se aqui que ensinar ciências de forma autêntica é oferecer ao aluno a oportunidade de se envolver em práticas científicas de forma que ele possa entender a ciência como ela é (Gilbert, 2004). Defende-se também que isto seja alcançado ao engajar os alunos em atividades que permitam que eles desenvolvam investigações, avaliem criticamente suas conclusões e as dos colegas, comuniquem seus resultados (Sampson et al., 2013), se engajem em discussões sobre as ideias dos outros, e possam influenciar a direção do discurso (McNeill & Pimentel, 2010). Atividades desse tipo contribuem, naturalmente, para a criação de um ambiente argumentativo em sala de aula. Isto porque, assim como os cientistas, os alunos podem ter a oportunidade de argumentar com seus colegas visando convencê-los sobre a qualidade e força de suas conclusões ou podem argumentar de forma colaborativa ao trabalhar com as evidências, justificativas e ideias alternativas para estabelecer conclusões mais confiáveis.

Nesse sentido, Sampson, Enderle, Grooms e Witte (2013) realizaram um estudo envolvendo ensino por argumentação através do modelo instrucional chamado "*Argument-Driven Inquiry*". Os pesquisadores investigaram a relação entre os argumentos escritos e a aprendizagem conceitual dos estudantes ao longo de uma instrução que durou dois semestres. O estudo contou com a participação de quatro turmas de alunos que tinham aulas de ciências da vida (12-13 anos), física (13-14 anos), biologia (14-16 anos) e química (15-17 anos). As investigações foram adaptadas ao perfil de cada turma tendo em vista o grau de conhecimento dos alunos. Ao final do estudo, os autores perceberam que, em geral, os estudantes melhoraram o entendimento do conteúdo, o conhecimento sobre as explicações científicas e a habilidade de usar teorias científicas para explicar fenômenos naturais. Além disso, os alunos dos cursos de biologia e ciência da vida melhoraram os argumentos escritos no segundo semestre, enquanto os alunos de física e química tiveram melhor desempenho no primeiro

semestre. A melhora na qualidade dos argumentos estava associada à melhora na qualidade das justificativas, da interpretação da validade dos dados e do uso da linguagem consistente com as normas científicas. Os pesquisadores associaram esse resultado às oportunidades que os alunos tiveram de se engajar na escrita de argumentos científicos, pois os alunos dos cursos de química e física tiveram mais oportunidades de escrever argumentos no primeiro semestre da intervenção.

Diante do resultado desse estudo, podemos supor um impacto no desenvolvimento do raciocínio críticos dos alunos proveniente da participação em situações argumentativas. Esse impacto é evidenciado pela melhora na qualidade dos argumentos resultante da qualidade das justificativas e da análise da validade dos dados. Além disso, o maior uso da linguagem consistente com as normas científicas implica em uma possível aprendizagem sobre a prática científica, ou seja, no reconhecimento da ciência como uma forma de pensar e conceber o mundo. Assim como no estudo de Sampson et al. (2013), o impacto na aprendizagem conceitual neste estudo pode ter sido resultante do processo de regulação que é favorecido pelo ambiente argumentativo, o que pode contribuir para o desenvolvimento da competência de aprender a aprender.

O fato de o resultado referente à melhora na qualidade dos argumentos escritos estar associado às oportunidades que os alunos tiveram de se envolver na escrita de argumentos científicos nos leva a refletir sobre o papel do professor na aplicação de atividades investigativas e na criação de ambientes argumentativos em sala de aula. Por isso, na próxima seção comentamos alguns trabalhos que investigam a relação da prática do professor com a argumentação dos alunos.

O impacto da prática do professor na argumentação dos alunos

Tendo em vista que a prática argumentativa tem apresentado contribuições positivas para o processo de aprendizagem do aluno, julgamos relevante direcionarmos a discussão para o papel do professor frente a essa estratégia de ensino. Afinal, o professor é o responsável por planejar e conduzir as situações de ensino. Assim, nessa seção, apresentamos e comentamos uma pesquisa que aponta a importância do papel do professor ao conduzir uma atividade autêntica de ciências e, mais especificamente, duas pesquisas que buscaram investigar a relação da prática do professor ao utilizar um instrumento que favorece a argumentação e o desenvolvimento dos alunos.

No contexto do ensino autêntico de ciências, Mendonça e Justi (2013) discutem a relação entre argumentação e modelagem, sendo que a modelagem é um processo por essência argumentativo. As pesquisadoras investigaram tal relação a partir da aplicação de duas sequências de ensino pautadas na estratégia de modelagem, as quais envolviam os conteúdos de ligações químicas e interações intermoleculares. Tais atividades foram planejadas com base no “Diagrama Modelo de Modelagem”² (Justi & Gilbert, 2002).

Através da análise dos dados, as autoras observaram que a argumentação esteve presente em todas as etapas do processo de modelagem e que as situações argumentativas estavam relacionadas à tomada de decisão, aos momentos de articulação das ideias e persuasão e à construção de explicação. Além desses resultados, Mendonça e Justi tecem algumas considerações sobre a importância do papel do professor na condução dessas atividades, dentre elas: (i) a proposição de perguntas sobre as ideias dos alunos que contribuam para que eles analisem a coerência de suas ideias com os dados disponíveis e com o conhecimento prévio; e (ii) a criação de oportunidades para os alunos expressarem ideias diferentes sobre o assunto em discussão.

As considerações tecidas sobre o papel do professor no trabalho de Mendonça e Justi (2013) nos apontam a importância das habilidades do professor para conduzir situações argumentativas em sala de aula. Além disso, é possível inferir que, mesmo nas situações nas quais a estratégia de ensino é por natureza dialógica, o papel do professor é fundamental para conduzi-la e favorecer a ocorrência de argumentação. Por exemplo, no caso da modelagem, se o professor não engajar os alunos na discussão sobre os diferentes modelos e na reflexão sobre os pontos positivos e negativos de cada proposta, ou se adotar apenas o discurso de autoridade, a atividade perde seu caráter autêntico e a prática argumentativa é comprometida.

Mais 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 & Erduran, 2008). O

² O Diagrama Modelo de Modelagem foi desenvolvido a partir da análise de como cientistas constroem modelos. As atividades de ensino fundamentadas nesse diagrama oportunizam aos alunos a vivência de todas as etapas que o constituem; isto é, as etapas realizadas pelos cientistas durante a construção de modelos, a saber: produção, expressão, teste e avaliação. Para mais detalhes do Diagrama Modelo de Modelagem, consultar Justi e Gilbert, 2002.

material utilizado envolvia uma controvérsia sobre as mudanças climáticas e favorecia a criação de um contexto para argumentação científica, 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 com 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 encorajou os alunos a discutir as ideias apresentadas pelos colegas, a explicitar a concordância ou refutação às ideias apresentadas, e que utilizou questões abertas para incentivar os alunos a discutir. 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 das 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.

Assim como o trabalho de Mendonça e Justi (2013), esse estudo nos mostra que mesmo nas situações em que o currículo ou material pode contribuir para o desenvolvimento da argumentação, o papel do professor é fundamental. Isto porque, apesar de as três turmas utilizarem o mesmo material instrucional, os resultados dos alunos foram diferentes devido à diferença na prática de ensino dos professores.

Evagorou e Dillon (2011) 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 e com alunos de 12-13 anos. Através do material *Argue-WISE*³, 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 a argumentação com os alunos.

³ O material *Argue-WISE* foi baseado nas teorias socioculturais de aprendizagem e propõe o engajamento dos estudantes na construção de argumentos baseado no padrão de Toulmin (1958).

Através da análise das aulas ministradas pelos professores, as pesquisadoras puderam perceber que os professores utilizaram abordagens pedagógicas diferentes para trabalhar com o material. Um professor utilizou uma abordagem mais dialogada, discutindo com os alunos exemplos e validade de evidências e provendo tempo para os alunos discutirem entre si. Por outro lado, o segundo professor adotou uma abordagem de transmissão de conhecimento, falando quase o tempo todo, não dando oportunidade para os alunos discutirem. Ao investigar argumentação dos alunos, as autoras perceberam que os alunos do primeiro professor, que utilizou abordagem dialógica, foram mais bem sucedidos ao construir argumentos e prover soluções alternativas para o problema do que os alunos do segundo professor.

Mais uma vez, isso nos leva a crer que o uso de materiais que favorecem a argumentação é importante, mas que a prática do professor frente a esses materiais é crucial para que os objetivos dos mesmos sejam atingidos. Entretanto, essas pesquisas nos dão indícios apenas sobre a relação entre a prática do professor e a argumentação dos alunos. Nesse sentido, elas fazem emergir uma questão muito relevante: Quais seriam os conhecimentos necessários ao professor para que ele possa trabalhar de forma efetiva a argumentação em sala de aula? No próximo capítulo, discutimos sobre esses conhecimentos e sobre possíveis formas de desenvolvê-los ou de favorecer os seus desenvolvimentos.

CAPÍTULO 3. CONHECIMENTO DOCENTE E FORMAÇÃO DE PROFESSORES EM ARGUMENTAÇÃO

Antes de discutirmos sobre os conhecimentos do professor sobre argumentação, julgamos que é importante fazer uma breve discussão sobre os conhecimentos básicos do professor. Acreditamos que, dessa forma, o leitor terá maior clareza sobre que difere o professor de ciências de uma cientista ou de um pedagogo.

Conhecimentos básicos do professor

Temos discutido ao longo deste trabalho que o ensino ciências deve ser significativo para todos os alunos, o que implica em o professor saber lidar com a heterogeneidade de interesse dos alunos. Nesse sentido, para que o professor possa atender os diferentes interesses, habilidades, e experiências de seus alunos, ele precisa apresentar um corpo de conhecimentos que vai além do conhecimento de conteúdo (Park & Chen, 2012). Shulman (1986) foi pioneiro ao destacar que o professor possui um saber exclusivo da prática docente, o qual o difere de um cientista ou pedagogo. Esse conhecimento do professor foi denominado “*Pedagogical Content Knowledge*” (PCK⁴) ou, em português, conhecimento pedagógico de conteúdo.

Em outro trabalho bastante conhecido, Shulman (1987) apresentou sete categorias referentes aos conhecimentos básicos do professor. Ao lado do conhecimento pedagógico de conteúdo, foram incluídas as categorias *conhecimento de conteúdo*, *conhecimento sobre os alunos e suas concepções*, *conhecimento de objetivos educacionais*, *conhecimento curricular*, *conhecimento pedagógico geral* e *conhecimento de contextos educacionais*. O autor concebe esses conhecimentos como categorias independentes, mas reconhece a interação entre eles tanto nos seus processos de desenvolvimento quanto na prática docente.

Nesse trabalho, consideramos que as categorias *conhecimento de conteúdo* e *conhecimento pedagógico de conteúdo* são particularmente importantes para a prática do professor. Isto porque o domínio do conteúdo é imprescindível para que o professor possa ensinar e, ainda, pesquisadores têm apontado uma estreita relação entre o domínio de conteúdo e a habilidade do professor de ensiná-lo (Berry, Loughran, & van Driel, 2008; Kind,

⁴ Optamos por utilizar a sigla em inglês em função de sua ampla utilização na literatura mundial.

2014). Por outro lado, o conhecimento pedagógico de conteúdo se refere ao saber exclusivo da prática docente e está associado à habilidade do professor de representar um conteúdo a fim de torná-lo compreensível a outros (Shulman, 1986). Por isso, o PCK é reconhecido como o conhecimento que distingue o professor de outros profissionais.

Visando dar mais subsídio às nossas discussões futuras, buscamos nas palavras de Shulman (1986) a definição para o conhecimento de conteúdo:

“Conhecimento de conteúdo se refere à quantidade e organização de conhecimento per se na mente do professor. (...) Pensar adequadamente 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 verdades aceitas em um domínio. Eles devem ser capazes de explicar porque uma proposição particular é considerada necessária, porque o conhecimento possui méritos e como se relaciona com outras posições, tanto com a disciplina, tanto na teoria e prática.” (Shulman, 1986, p. 9)

O conhecimento de conteúdo diz respeito ao domínio do professor sobre determinado tópico ou assunto e é condição *sine qua non* para que o mesmo possa ensinar (Berry et al., 2008; Kind, 2014; Shulman, 1986; Sperandeo-Mineo, Fazio, & Tarantino, 2006) uma vez que um sujeito não pode ensinar algo que desconheça. Entretanto, apenas o conhecimento de conteúdo não é suficiente para que o professor possa ensinar de forma efetiva, ou seja, possa contribuir para a aprendizagem de seus alunos. Primeiro, porque o conhecimento acadêmico ensinado nos cursos de formação não é exatamente o mesmo que os professores ensinam aos seus alunos, principalmente em termos de complexidade (Sperandeo-Mineo et al., 2006); segundo, porque o domínio do conteúdo não implica no entendimento de como ensinar (Figueirêdo, 2008), ou seja, de como tornar aquele conteúdo compreensível a outros.

O conhecimento pedagógico de conteúdo vai além do conhecimento conceitual do professor e nas palavras de Shulman (1986) ele é constituído de:

“...as mais proveitosas formas de representação das ideias, as mais poderosas analogias, ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações dessas ideias.” (Shulman, 1986, p. 9)

Portanto, o PCK está relacionado às formas e estratégias usadas pelo professor para tornar um conteúdo mais compreensível aos seus alunos.

Apoiados nas definições de Shulman (1986), outros pesquisadores têm defendido a ideia de que o PCK integra os conhecimentos de conteúdo, conhecimentos de estratégias instrucionais, conhecimentos sobre as concepções dos alunos, conhecimentos sobre avaliação e o conhecimento sobre os objetivos do ensino (Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999; Park & Chen, 2012; Park & Oliver, 2008). Nessa perspectiva, os conhecimentos estariam inter-relacionados, se desenvolveriam mutuamente, e a deficiência ou limitação em qualquer um desses conhecimentos afetaria o PCK do professor.

Apesar de a definição de PCK não ser consensual, na literatura atual parece haver um acordo sobre sua natureza, pois, em geral, os pesquisadores reconhecem que ele está associado a temas específicos (Pitjeng, 2014) e é um processo enraizado na prática da sala de aula (Berry et al., 2008; Kind, 2009; Mavhunga, 2014). A relação do PCK com temas específicos está associada à dependência do domínio de conteúdo para o desenvolvimento de formas de ensiná-lo. O próprio Shulman afirma, em entrevista aos editores do Encontro Anual da Associação Americana de Pesquisa em Educação, que: *“Um professor que não entende ou não tem real afeição pelo assunto jamais será capaz de ensiná-lo bem.”* (citado em Berry et al., 2008, p. 1276).

Por outro lado, a relação do PCK com a prática em sala de aula se justifica pelo fato de o professor ter várias oportunidades de ensinar um mesmo conteúdo e de refletir sobre esses processos. Isso pode favorecer o desenvolvimento e aperfeiçoamento das formas de ensiná-lo, pois o professor pode refletir sobre as dificuldades apresentadas pelos alunos ao aprender determinado tópico e avaliar o uso das estratégias para ensiná-lo.

Nesse trabalho, discutimos as influências do ensino sobre argumentação na formação de professores de Química. Por isso, a seguir, focamos a discussão sobre os conhecimentos básicos do professor para ensinar ciências por argumentação. Reconhecemos que professores em formação ou recém-formados apresentam baixos níveis de PCK (Mavhunga, 2014; Nilsson, 2008; Sperandio-Mineo et al., 2006) em função da falta de experiência com a prática e de reflexão sobre a mesma. Porém, acreditamos, assim como Zembaul-Saul (2009), que a formação inicial pode ajudar os professores a desenvolver ferramentas que deem suporte ao desenvolvimento contínuo do seu PCK.

Trabalhos que investigam os conhecimentos de professores sobre argumentação ainda são raros. A partir da leitura de trabalhos na área, podemos afirmar que ainda não é

consensual quais são os conhecimentos necessários ao professor para que ele possa ensinar ciências em contextos argumentativos e/ou argumentação em contextos de ensino de ciências. Portanto, nas próximas sessões buscaremos, a partir dos estudos que investigam o ensino sobre argumentação na formação inicial e continuada de professores, elementos que nos permitam inferir os conhecimentos fundamentais para que um professor possa ensinar por argumentação.

A fim de ressaltar a importância do ensino sobre argumentação na formação inicial ou continuada dos professores de ciências, consideramos importante apresentar, brevemente, algumas dificuldades ou objeções dos professores para trabalhar com argumentação em sala de aula. Encontramos na literatura uma variedade de justificativas para o fato de professores não envolverem seus alunos na prática argumentativa ou não favorecerem a argumentação em suas salas de aulas. Entre as justificativas estão:

- O fato de os professores não possuírem conhecimentos suficientes para ensinar (Sampson & Blanchard, 2012) e terem dificuldades de encontrar recursos instrucionais (Simon, Erduran, & Osborne, 2006);
- A concepção de ciências dos professores, pois muitos concebem ciências como um corpo de conhecimentos pronto (Carlsen, 1991 apud Sampson & Blanchard, 2012), isto é, não consideram o processo dinâmico da construção do conhecimento científico;
- A crença de que a discussão de teorias alternativas pode acarretar no reforço de ideias inadequadas trazidas pelos alunos (Osborne, 2001 apud Osborne, MacPherson, Patterson, & Szu, 2012); e
- A falta de conhecimento sobre a prática científica e o papel da crítica para melhorar o conhecimento e o entendimento científico (Osborne et al., 2012).

Em relação à última justificativa para a não inserção de prática argumentativas no ensino, parece haver consenso entre os pesquisadores que investigam a argumentação dos professores ou o seu desenvolvimento (McNeill & Knight, 2013; Sampson & Blanchard, 2012; Zembaul-Saul, 2009) em relação à necessidade de que professores vivenciem práticas argumentativas em sua formação para que possam utilizar essa estratégia futuramente. Esses pesquisadores defendem que os fatos de os professores não terem vivenciado a prática argumentativa em algum momento da sua formação, ou de não entenderem argumentação científica ou a prática científica pode dificultar a inserção da mesma em suas salas de aulas de ciências.

Na perspectiva de oportunizar a vivência do entendimento sobre a prática argumentativa ou, de forma mais abrangente, sobre a prática científica, alguns pesquisadores têm investigado o desenvolvimento da argumentação de professores em formação inicial ou continuada ao participar de situações similares à prática científica. Na próxima seção, discutimos alguns desses trabalhos.

Ensino de argumentação na formação inicial e continuada de professores

O ensino de argumentação na formação de professores pode ocorrer em duas dimensões: implícita e explícita. O ensino implícito de argumentação se refere ao modelo de instrução no qual o aluno é inserido em um contexto que favorece a argumentação (por exemplo: situações investigativas, discussões sobre questões sociocientíficas etc.), mas ele não recebe instruções diretas sobre o que é um argumento, como participar da argumentação em sala de aula, dentre outras informações. Nessa perspectiva, é esperado que o conhecimento sobre argumentação e o reconhecimento sobre o papel dessa prática no ensino emergja do próprio contexto.

Por outro lado, na perspectiva explícita, os aspectos referentes à prática argumentativa são salientados pelo professor formador. Por exemplo, são ressaltadas as contribuições dessa prática para a aprendizagem dos alunos, as estratégias que podem favorecer a criação de ambientes argumentativos em sala de aula e os elementos que precisam estar presentes nos argumentos. Nessa segunda dimensão do ensino de argumentação, os alunos são envolvidos em ambientes que permitem a vivência da prática argumentativa, e são conduzidos à reflexão sobre esta, o que pode favorecer a tomada de consciência sobre o uso da argumentação no contexto de ensino.

Baseado na perspectiva implícita, Ozdem, Ertepinar, Cakiroglu e Erduran (2013) investigaram os argumentos produzidos por professores em formação inicial durante uma investigação orientada em laboratório. Os participantes foram engajados em seis tarefas de investigação (por exemplo: Qual a relação entre a força aplicada em uma mola e sua deformação?) e não receberam orientações explícitas sobre como construir seus argumentos ou como se engajar em uma discussão científica. As investigações ocorreram em duas partes: experimentação e discussão crítica. Na primeira, os participantes planejaram e desenvolveram suas próprias hipóteses, realizaram experimentos, coletaram dados e processaram seus dados para verificar suas hipóteses, isto é, realizaram uma investigação autêntica. Os licenciandos

foram encorajados por um dos pesquisadores a discutir as evidências que sustentavam as conclusões apresentadas pelos grupos. Após a discussão, os participantes tiveram oportunidades de revisar suas hipóteses, experimentos ou interpretações de dados como resultado da discussão. Ao final da experimentação, os grupos prepararam relatórios e apresentações sobre seus resultados. Na segunda parte – discussão crítica – cada grupo apresentou seus resultados e os demais fizeram questões ou comentários sobre os experimentos ou sobre os resultados. Ao final do estudo, os autores ressaltam que os licenciandos: ganharam experiências em atividades de investigação em laboratório; tomaram consciência sobre a avaliação dos argumentos à luz das evidências; passaram a reconhecer o papel da argumentação para a aprendizagem; expressaram disposição em integrar argumentação em suas salas de ciências porque acreditavam que a argumentação os encorajou a considerar evidências e a considerar seu próprio conhecimento; e refletiram sobre suas intenções de adaptar as estratégias utilizadas em suas futuras salas de aulas. Assim, os pesquisadores acreditam que os professores podem utilizar os conhecimentos adquiridos em suas futuras salas de ciências.

Podemos considerar esse estudo como um exemplo de ensino implícito de argumentação, pois os alunos aprenderam sobre o papel das evidências na avaliação de conclusões e sobre o papel da argumentação a partir do trabalho com experimentos investigativos. Os resultados desta pesquisa nos levam a crer que inserir os alunos em contextos de investigação científica, ou seja, dar-lhes oportunidades de vivenciar práticas autênticas, pode favorecer a aprendizagem sobre a prática científica, pois, além de os professores em formação adquirirem experiências com a prática científica, podem ter oportunidade de refletir sobre a mesma. Acreditamos que o contexto vivenciado pelos licenciandos contribuiu para que eles tenham aprendido uma estratégia de ensino que pode favorecer argumentação (nesse caso, o uso de experimentos), porque eles demonstraram interesse em adaptar as atividades para outras a serem usadas em suas futuras salas de aulas e reconheceram o papel da argumentação para a aprendizagem. Entretanto, apesar dos resultados positivos apresentados pelos autores, pouco podemos dizer sobre como esses futuros professores irão trabalhar com atividades argumentativas em suas salas de ciências, uma vez que nada foi discutido sobre o assunto. Porém, é possível que os conhecimentos adquiridos por eles possam impactar, futuramente, sua prática em sala de aula, uma vez que a experiência vivida parece ter sido bem marcante.

Ao contrário do ensino implícito de argumentação utilizada por Ozdem *et. al.* (2013), Zembaul-Saul (2009) se baseou em uma abordagem explícita para ensinar argumentação na formação inicial de professores de ciências do ensino fundamental. Neste trabalho, ela discute os resultados de pesquisas que investigaram o entendimento de futuros professores sobre o ensino de ciências por argumentação e suas práticas para ensinar nessa perspectiva.

Os sujeitos envolvidos nessa pesquisa participavam de um programa de formação de professores. Nesse programa, inicialmente eles tinham a chance de vivenciar o ensino de conteúdos de ciências como uma prática científica e de observar o discurso associado ao ensino de ciências por argumentação. Isto porque, segundo a literatura (Borko, 2004 apud Zembaul-Saul, 2009) os licenciandos precisam ter experiência de ensino de conceitos e das práticas de ensino que são condizentes com o que se espera que eles realizem futuramente.

Posteriormente, os participantes buscaram na literatura concepções alternativas relacionadas aos conteúdos que seriam ensinados e realizaram entrevistas com os alunos para descobrir suas concepções sobre os tópicos que eles iriam ensinar. A partir daí, eles preparam entrevistas para identificar as concepções dos alunos sobre um fenômeno específico. Esta foi considerada uma etapa importante, pois, em geral, os professores recém-formados apresentam dificuldades em lidar com as concepções dos alunos (Davis, Petish, & Smithey, 2006).

Num terceiro momento, os participantes assistiam, em vídeo, a episódios de ensino que retratavam aspectos particulares do ensino por argumentação (por exemplo, uma discussão entre os alunos na qual eles tentam construir conclusões para suas investigações). Além disso, o professor da turma descrevia as justificativas para as suas ações em sala de aula (por exemplo, o porquê de ele ter tomado certa decisão). Esse momento tinha o papel de evidenciar as possibilidades de promover o ensino de ciências por argumentação e, ainda, permitia que os licenciandos conhecessem as justificativas para as ações do professor.

No momento seguinte, levando em consideração as concepções dos alunos, os professores em formação inicial planejavam aulas baseadas na ferramenta “ensino por argumentação”. Essa ferramenta enfatiza: o uso de atividades investigativas, o uso de argumentos estruturados para orientar a discussão em sala; a explicitação do raciocínio relacionado à formulação de afirmativas a partir da evidência e da avaliação de afirmativas com base nas evidências; e o engajamento autêntico na linguagem da ciência. Assim, as

atividades planejadas pelos alunos deveriam favorecer o ensino autêntico de ciências. Por último, após aplicar as atividades planejadas, os licenciados refletiam em grupos sobre os episódios de suas aulas. A reflexão oportunizada por esse último momento favoreceu a identificação de problemas e raciocínio utilizados em sua prática.

Zembaul-Saul (2009) traz os resultados de um estudo conduzido por ela dois anos antes com um grupo de professores em formação inicial que vivenciou o programa de formação descrito acima. Os resultados indicam que os professores em formação inicial: modificaram suas concepções sobre a investigação no ensino, passando a percebê-la como algo importante; passaram a enfatizar a necessidade de que os alunos coletassem e analisassem os dados e construíssem explicações a partir de evidências; passaram a dar mais importância para as discussões em sala de aula; reconheceram o papel do professor como facilitador do pensamento e do entendimento dos alunos; e começaram a conectar as estratégias do programa com implicações apropriadas em sala de aula.

Diante dos resultados apresentados por Zembaul-Saul, podemos supor que o programa de formação de professores envolvendo a ferramenta para ensinar ciências por argumentação contribuiu para que os participantes aprendessem sobre a prática científica e sobre como abordá-la em sala de aula. Isto porque, além da evolução de suas concepções, eles passaram a solicitar que os alunos trabalhassem com as evidências na análise e construção das afirmativas. Além disso, os fatos de os participantes terem dado mais atenção às discussões em sala e passarem a reconhecer o seu papel de facilitador nos levam a crer que aqueles professores reconheciam o seu papel no ensino por argumentação. Nesse ensino, o professor precisa reconhecer que o seu papel não é apenas o de figura de autoridade, mas também o de encorajar os alunos a trabalhar com as evidências e justificativas na construção dos argumentos (Bay, Reys, & Reys, 1999 apud Simon et al., 2006)

Vale ressaltar que, assim como no estudo anterior, apesar dos resultados positivos apresentados pela autora (Zembaul-Saul, 2009), ela mesma não afirmou que aqueles professores em formação inicial iriam transpor os conhecimentos adquiridos para a sua futura prática. A literatura aponta que essa transposição nem sempre acontece (Clift & Brady, 2005 apud Zembaul-Saul, 2009).

Assim como Zembaul-Saul (2009), Simon, Erduran e Osborne (2006), também partem do princípio de que os professores precisam entender a proposta de ensinar por

argumentação para que possam assumir o seu papel frente a essa prática. Sendo assim, os autores defendem que os professores precisam ter oportunidade de desenvolver o seu entendimento pedagógico sobre o ensino pautado em argumentação.

Nesse sentido, durante o primeiro ano de um projeto direcionado a dar suporte à prática de professores em argumentação, eles focaram no desenvolvimento das habilidades dos professores em trabalhar com argumentação e buscaram perceber como eles melhoravam suas práticas em argumentação. Durante um ano, 12 professores em exercício, os quais tinham experiências de ensino variadas e ministravam aulas a alunos de 12-13 anos, tiveram a oportunidade de discutir sobre atividades de argumentação em contextos científicos e contextos sociocientíficos.

Segundo os autores, os professores participaram de oficinas nas quais puderam discutir sobre o formato de uma atividade sociocientífica (referente à fundação de um zoológico) e sobre como trabalhá-la em sala de aula (por exemplo: utilizar discussão em pequenos grupos, como engajar os alunos na atividade, trabalhar com ideias favoráveis e contrárias à fundação do zoológico etc.). Além disso, para que pudessem construir sua própria prática pedagógica, os professores 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 (por exemplo: Por que você pensa isso?). Os professores foram, ainda, introduzidos à ferramenta analítica “Padrão de Argumentação de Toulmin” (TAP) (Toulmin, 1958), para que pudessem compreender os elementos que estão envolvidos na construção de argumentos. Por fim, as oficinas oportunizaram aos professores discutir sobre as atividades e trocar experiências.

Sobre o trabalho desenvolvido com os professores, Simon *et al.* (2006) fazem algumas considerações. Primeiro, as oficinas contribuíram para a mudança da prática de dois terços dos participantes. Inicialmente muitos professores expressaram ansiedades e receios referentes às discussões envolvendo teorias alternativas, pois acreditavam que esse tipo de discussão poderia confundir os alunos ou reforçar suas concepções alternativas. Porém, no encontro final, os professores reconheceram que essas discussões significavam oportunidades para alunos refletirem, discutirem e argumentarem sobre a validade da evidência como suporte da explicação teórica.

Em segundo lugar, a análise da argumentação dos professores usando o TAP apontou uma evolução, em termos de complexidade, na argumentação dos mesmos (por exemplo, houve um aumento dos argumentos mais completos – do tipo afirmativa-dado-garantia-apoio – no segundo ano). Além disso, os professores mantiveram um padrão similar de argumentação ao longo do ano, mas diferente entre eles. Por último, a análise das contribuições orais dos professores para a argumentação mostrou que suas abordagens iniciais não foram alteradas, mas aperfeiçoadas pelo engajamento no projeto. Ou seja, alguns professores que já demonstravam boas práticas para o ensino de argumentação (por exemplo, encorajar os alunos a falar e a ouvir em sala de aula) tiveram suas práticas melhoradas como resultado do projeto.

Diante dos resultados encontrados por Simon e colaboradores (2006), podemos perceber que os programas de desenvolvimento focados em argumentação não atingem os participantes de forma homogênea. Isto porque, apesar de os professores terem sido instruídos sobre argumentação através da mesma ferramenta, TAP, eles apresentaram padrões de argumentações diferentes. Além disso, o fato de os professores melhorarem suas práticas, ao invés de alterá-las completamente, indica que, no caso da formação continuada, há uma forte relação entre a prática do professor e seu desenvolvimento ou entendimento sobre o ensino por argumentação. Nesse sentido, seria mais adequado, como sugerem os autores,

“focar o desenvolvimento profissional no entendimento existente dos professores sobre a importância da evidência, da argumentação na ciência e nos objetivos implícitos de ensino e aprendizagem de ciências” (Simon et al., 2006, p. 256).

Na mesma perspectiva dos autores citados anteriormente, McNeill e Knight (2013) também defendem que os professores precisam ter oportunidades de desenvolver seus conhecimentos sobre argumentação para que, futuramente, possam ensinar ciências de forma fundamentada em argumentação. Nesse sentido, as autoras investigaram o impacto de um programa de formação continuada direcionado ao ensino sobre argumentação no conhecimento sobre argumentação de professores do ensino fundamental e médio.

Os professores envolvidos nesse programa participaram de três oficinas relacionadas à argumentação científica. Inicialmente, eles aprenderam sobre o papel da afirmativa ou conclusão, das evidências e justificativas. A partir daí, 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, os professores 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 (por exemplo, engajar os alunos em discussão crítica entre pares). Depois, os professores planejaram uma segunda atividade envolvendo umas das estratégias para promover argumentação em sala de aula.

Por último, os professores analisaram as transcrições de dois episódios relacionados à argumentação em sala de aula. Eles também aprenderam como planejar aulas para avaliar argumentação dos alunos e estratégias para fornecer *feedbacks* a eles sobre a qualidade de seus argumentos. Além disso, os professores, mais uma vez, discutiram suas experiências sobre o ensino por argumentação.

Com relação à investigação, as autoras fazem algumas observações. Primeiro, embora os professores tivessem apresentado um forte entendimento sobre evidências e melhorado a compreensão sobre afirmativas e justificativas, eles continuavam julgando como desafiadora a aplicação desses conhecimentos em sala de aula. Em segundo lugar, McNeill e Knight (2013) observam que, ao avaliarem as discussões em sala de aula, os professores apresentaram um entendimento limitado de argumentação, tanto em relação aos componentes estruturais do argumento quanto sobre as interações dialógicas. Por último, elas observam que, apesar de os professores julgarem importante promover argumentação em sala de aula, eles encontraram dificuldades em formular questões que favorecessem a argumentação dos alunos.

Diante dos resultados apresentados, julgamos que apenas o reconhecimento dos professores sobre a importância de ensinar argumentação em sala de aula não é suficiente para que eles possam favorecer a prática argumentativa no contexto de ensino. Isso porque, apesar de os professores considerarem importante envolver os alunos em situações argumentativas, eles ainda encontraram obstáculos em relação ao como fazer isso, ou seja, os professores apresentaram dificuldades ao propor estratégias que favorecessem a argumentação. Entretanto, acreditamos que o fato de os professores reconhecerem a

importância do ensino por argumentação é o primeiro passo para que eles possam buscar formas de desenvolver seus conhecimentos sobre a prática argumentativa.

Além disso, o fato de os professores terem melhorado a compreensão sobre evidências, afirmações e justificativas e, mesmo assim, continuarem tendo dificuldades em trabalhar com argumentação em suas salas de aulas nos leva a crer que apenas o conhecimento sobre os elementos que compõem um argumento não é suficiente para que o professor saiba como criar ambientes argumentativos. Portanto, acreditamos que os professores precisam desenvolver outros conhecimentos além do conhecimento estrutural do argumento para que possam trabalhar com argumentação em suas salas de aulas.

Em resumo, todos os trabalhos apresentados nessa seção apontam contribuições do ensino sobre argumentação para a formação de professores. Então, considerando os resultados apresentados por Zembaul-Saul (2009), Simon e colaboradores (2006) e McNeill e Knight (2013), julgamos que o ensino explícito de argumentação favorece a reflexão e o entendimento dos professores sobre *como* ensinar ciências a partir da argumentação. Isto porque, 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.

A partir da discussão sobre formação de professores apresentada nessa seção e, das considerações estabelecidas sobre o ensino pautado em argumentação tecida em capítulos anteriores, buscamos, na próxima seção, estabelecer quais seriam os conhecimentos básicos do professor relacionados à argumentação. Tendo em vista as configurações dos programas de formação de professores aqui comentados e as contribuições da prática argumentativa para a formação dos alunos, tentamos caracterizar um corpo de conhecimentos necessários ao professor para que ele possa ensinar ciências nesta perspectiva.

Conhecimentos básicos do professor em argumentação

Ao longo desse trabalho, temos defendido o uso de argumentação no ensino de ciências como uma ferramenta adequada para promover a alfabetização científica dos alunos. Isto porque a argumentação é uma abordagem de ensino favorável à educação científica e à educação cidadã (Jiménez-Aleixandre, 2010). Em outras palavras, o desenvolvimento da prática argumentativa no contexto de ensino pode contribuir para a aprendizagem de

conceitos e processos científicos, e também para o desenvolvimento de competências relacionadas à tomada de decisão no âmbito social e pessoal (por exemplo, avaliar explicações alternativas à luz de um conhecimento conceitual). Nesse cenário de ensino, o professor desempenha um papel crucial e, como discutido anteriormente, ele precisa ter conhecimentos de argumentação que o permitam desempenhar o seu papel de forma coerente.

Tendo em vista um ensino que promova a educação científica do aluno, julgamos que é importante que o professor tenha o conhecimento e o entendimento sobre práticas científicas. Neste trabalho, enfatizamos exclusivamente a prática científica de argumentar por acreditarmos que o professor precisa entender que os cientistas apresentam suas afirmativas sustentadas por evidências e justificativas, e não baseadas em opiniões pessoais. Além disso, é preciso que o professor saiba como os conhecimentos existentes podem ser contestados; como é possível existir diferentes explicações para um mesmo fenômeno; e como novos conhecimentos são produzidos. Isso significa que ele precisa entender que os conhecimentos são produzidos a partir da coordenação das evidências e justificativas, o que implica que (i) um conhecimento poder ser refutado quando há novas evidências ou quando as interpretações das evidências à luz de outros modelos teóricos não sustentam mais aquele conhecimento; e (ii) diferentes cientistas podem interpretar as evidências de formas distintas e, portanto, podem propor explicações alternativas para o mesmo fenômeno. Por fim, o entendimento da prática científica implica na compreensão da forma como a ciência progride, ou seja, de aspectos como, por exemplo, o importante papel das discussões de controvérsias ou limitações dos conhecimentos anteriores no processo de construção da ciência. É essencial que o professor entenda a importância do fato de os pesquisadores apontarem as limitações em suas teorias, para que novas pesquisas possam ser feitas e a ciência possa evoluir.

Nesse sentido, para que o professor possa contribuir para a educação científica de seus alunos, ele precisa compreender a argumentação que ocorre na comunidade científica. Ou seja, o professor precisa entender sobre os elementos básicos de um argumento e as capacidades argumentativas envolvidas na argumentação. Mais especificamente, isso significa saber que:

- Afirmações são respostas às questões ou conclusões (Toulmin, 1958).
- Evidências são dados que podem dar suporte às conclusões (Jiménez-Aleixandre, 2010).

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

- Justificativa é o elemento que conecta as evidências à conclusão (Jiménez-Aleixandre, 2010).
- Refutação é a proposição de um argumento que invalida o ponto de vista de outro sujeito participante do diálogo (Kuhn, 1991), seja pela diminuição da credibilidade da evidência que sustenta a argumentação do outro, seja pela valorização do argumento pessoal.
- Teorias alternativas são diferentes interpretações para as mesmas evidências (Kuhn, 1991).
- Contra-argumentação é a expressão de um aspecto do argumento pessoal que é falho ou pode ser falsificado a partir das evidências (Kuhn, 1991).

Além da importância desses conhecimentos para a educação científica, estes são fundamentais para que o professor possa contribuir para a formação cidadã de seus alunos. Isto porque o fato de o professor ter esses conhecimentos e entender a relevância destes para a prática argumentativa pode levá-lo a:

- Engajar os alunos em argumentação social, isto é, discussões de cunho social ou sociocientífica;
- Discutir em sala sobre a importância do conhecimento estrutural na construção de argumentos robustos e no desenvolvimento da prática argumentativa, o que favoreceria o desenvolvimento do raciocínio crítico. Por exemplo, o professor que compreende o papel das evidências na construção de enunciados pode favorecer a reflexão dos alunos sobre a necessidade de apresentar evidências específicas e suficientes na construção de argumentos mais fortes.
- Discutir em sala sobre a importância do conhecimento e domínio sobre as capacidades argumentativas no desenvolvimento da prática argumentativa e para a produção de argumentos mais estruturados ou elaborados. Por exemplo, o professor que domina as capacidades argumentativas pode favorecer a reflexão dos alunos sobre a importância de formular contra-argumentos nos processos de argumentação uma vez que a antecipação de um ponto fraco no argumento pelo próprio sujeito pode contribuir para a construção de argumentos mais fortes.

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 & Erduran, 2008) ou às situações nas quais se busca estabelecer consenso em uma audiência sobre a força de um enunciado (Driver et al., 2000). Nesse sentido, há uma relação entre as intenções de uma prática argumentativa, os elementos básicos de um argumento (evidência, justificativa e afirmação), e as capacidades argumentativas (refutação, teoria alternativa e contra-argumentação).

Por exemplo, se a intenção de um sujeito é persuadir uma audiência, ele irá construir argumentos utilizando evidências que podem respaldar a teoria pessoal ou reinterpretar as evidências de forma a invalidar o ponto de vista contrário, ou seja, o sujeito utilizará os elementos de um argumento para sustentar uma refutação. Por outro lado, se a intenção é estabelecer consenso sobre a força de um enunciado, as capacidades dos sujeitos envolvidos de propor teorias alternativas e contra-argumentos são necessárias. Isto porque os sujeitos precisam pensar nas possíveis teorias que podem ser propostas a partir de um conjunto de dados e precisam reconhecer os pontos fracos em cada uma delas, para que assim possam estabelecer consenso sobre a melhor teoria.

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 ou ao estabelecimento de consenso. Além disso, esse conhecimento pode favorecer a percepção do professor sobre essas situações no campo científico ou durante o processo de construção do conhecimento, o que corroboraria as discussões sobre a prática científica de argumentar.

Em suma, entendemos que esses conhecimentos estão relacionados ao entendimento do professor sobre:

- a argumentação na ciência, isto é, como uma prática científica;
- os elementos que estruturam um argumento;
- as capacidades argumentativas; e
- as possíveis intencionalidades atribuídas à prática argumentativa: persuasão e estabelecimento de consenso.

Nesse sentido, esses conhecimentos podem ser concebidos como um conhecimento *sobre argumentação*, pois dizem respeito ao entendimento da natureza da argumentação no âmbito científico e cotidiano. Vale ressaltar que apenas esse conhecimento não é suficiente para que o professor possa inserir a prática argumentativa nas salas de ciências. Isto porque, eles não envolvem aspectos relacionados à *como* engajar os alunos em situações argumentativas. Em outras palavras, assim como o conhecimento de conteúdo sobre qualquer tema não é suficiente para que o professor possa ensiná-lo (Berry et al., 2008; Mavhunga, 2014), o conhecimento sobre argumentação não é o bastante para que o professor saiba *como* transpor esse conhecimento para situações de ensino. É importante frisar que não consideramos o conhecimento *sobre argumentação* como um conhecimento de conteúdo, como proposto por Shulman (1986) pois, dentro do campo de ensino de ciências, entendemos que a argumentação diz respeito a uma abordagem de ensino que pode sustentar as discussões sobre conteúdos científicos curriculares. Ou seja, argumentação não é um conteúdo a ser somado à grade curricular, e sim uma abordagem possível de ser incorporada ao processo de ensino dos conteúdos científicos.

Diante dessas considerações, acreditamos que os professores precisam de outros conhecimentos para que possam ensinar ciências por argumentação. O trabalho de McNeill e Knight (2013) com professores que vivenciaram oficinas de desenvolvimento profissional focado em argumentação endossa a nossa hipótese. As autoras indicam que os professores tinham forte entendimento sobre evidências e melhoraram o entendimento sobre afirmativas e justificativas. Porém, eles tiveram dificuldades em confeccionar suas próprias atividades envolvendo argumentação e apresentaram limitações no conhecimento relacionado a como trabalhar com argumentação em sala de aula. Segundo as autoras, isso pode ser um indício de que o programa de formação de professores vivenciado pelos participantes não contribuiu para que eles desenvolvessem conhecimentos necessários para ensinar por argumentação. Assim, é preciso que os programas de formação deem oportunidades ao professor de desenvolver o seu entendimento pedagógico sobre o ensino por argumentação e de desenvolver a sua prática.

A fim de identificar elementos desses outros conhecimentos, buscamos analisar os programas de formação descritos na seção anterior. Nesse trabalho, no qual analisamos a formação inicial de professores, denominaremos esses outros conhecimentos do professor como *conhecimento para a ação docente em argumentação*. Isto porque reconhecemos que o

conhecimento sobre *como* inserir a prática argumentativa em sua sala de aula irá depender também de outros conhecimentos (por exemplo, o conhecimento do contexto escolar e experiências de ensino do professor) e, que estes nem sempre são acessíveis aos professores em formação inicial. Portanto, os conhecimentos desenvolvidos na formação inicial de professores podem ser entendidos como conhecimentos de natureza teórico-prática⁵ que poderão sustentar a futura prática dos professores em termos de ensino pautado em argumentação. Além disso, temos a intenção de diferenciar o conhecimento *sobre argumentação* do professor – conhecimento no âmbito estrutural e dialógico de argumentação e sobre as capacidades argumentativas – do conhecimento necessário para promover situações argumentativas em sala de aula.

Tendo em vista a natureza teórico-prática do conhecimento trabalhado na formação inicial de professores, optamos por não utilizar a nomenclatura PCK. Isto porque, como mencionado na seção ‘Conhecimentos básico do professor’, é consensual na literatura da área que o PCK é oriundo da prática docente, o que requer desenvolvimento ao longo dos anos através de um processo reflexivo de “tentativa e erro” (Loughran, Berry, & Mulhall, 2006). Essa estreita relação entre PCK e a prática docente implica na improbabilidade de professores em formação ou recém-formados apresentarem qualidade ou altos níveis de PCK (Berry et al., 2008; Bertram & Loughran, 2014; Mavhunga, 2014). Além disso, o PCK está estreitamente relacionado a um conteúdo específico (Pitjeng, 2014) e diz respeito ao saber do professor em torná-lo compreensível aos aprendizes. Dessa forma, uma vez que estamos trabalhando no contexto de formação inicial de professores e nosso objeto de estudo se refere a uma abordagem de ensino, ao invés de a um conteúdo científico curricular, optamos por criar uma nomenclatura que caracterizasse melhor o conhecimento do professor sobre argumentação para situações de ensino ao invés de adotar de forma análoga uma nomenclatura consagrada.

Analisando os programas de formação de professores na perspectiva explícita, os quais foram descritos na seção anterior, identificamos que os métodos utilizados pelos autores para abordar argumentação com os participantes foram diferentes. Porém, todos os programas de formação deram especial atenção à promoção de oportunidades para que os professores desenvolvessem atividades pautadas em argumentação e estabelecessem suas próprias

⁵ Nesse caso, o conhecimento *teórico-prático* diz respeito, exclusivamente, ao que é ensinado no programa de formação, pois esse conhecimento só será *prático* se ele for transposto para situações reais de ensino.

estratégias de ensino. Portanto, podemos concluir que os autores daqueles programas consideravam que os professores precisariam de outros conhecimentos além do conhecimento sobre argumentação ou do reconhecimento das potencialidades dessa prática de ensino para que pudessem ensinar por argumentação. Assim, podemos supor que o conhecimento do professor relacionado a elaborar e trabalhar com atividades de ensino envolvendo argumentação é um importante elemento do conhecimento para ação docente em argumentação.

Dessa forma, julgamos que o conhecimento para a ação docente em argumentação está intimamente relacionado ao conhecimento de estratégias para favorecer a argumentação (como, por exemplo, o uso de questões abertas) e ao conhecimento sobre materiais instrucionais (como, por exemplo, roteiros de atividades investigativas) que podem sustentar o desenvolvimento da argumentação. O conhecimento de estratégias de ensino se refere ao conhecimento do professor sobre a variedade de ações que podem ser realizadas por ele com o intuito de engajar os alunos em situações argumentativas. Por exemplo, durante o ensino de um tópico, o professor pode solicitar que os alunos apresentem suas justificativas para as conclusões ou, ainda, quando os alunos apresentam ideias divergentes, o professor pode estimulá-los, através de questões, a discutir sobre a validade de suas ideias. Além disso, para que possa favorecer a argumentação em sala de aula, o professor precisa tanto conhecer materiais instrucionais que sejam coerentes com a perspectiva do ensino por argumentação quanto compreender as características centrais desse tipo de material (como, por exemplo, o fato de eles necessariamente envolverem problemas que permitem a ocorrência de múltiplas respostas). Nesse sentido, é fundamental que o professor tenha conhecimento sobre as características dos materiais favoráveis ao desenvolvimento da argumentação para que possa julgar a adequação dos mesmos frente ao objetivo de ensino. E, ainda, é importante que o professor conheça vários materiais instrucionais para que possa selecionar qual o melhor material para ensinar determinado tópico pautado em argumentação.

Finalmente, consideramos que outro elemento essencial ao conhecimento para a ação docente em argumentação se refere ao domínio das habilidades para conduzir situações argumentativas em sala de aula, a saber: transpor o conhecimento estrutural da argumentação e mobilizar as capacidades argumentativas para situações dialógicas; e saber usar as estratégias de ensino e os materiais instrucionais mencionados anteriormente em

contextos regulares de ensino de forma a efetivamente favorecer a ocorrência de situações argumentativas entre os alunos e/ou dos alunos com o próprio professor.

Portanto, entendemos que o conhecimento para a ação docente em argumentação compreende o conhecimento das estratégias de ensino e sobre materiais instrucionais coerentes com a perspectiva da argumentação, assim como o domínio das habilidades necessárias para utilizá-los no favorecimento da ocorrência de situações argumentativas em salas de aula regulares. Reconhecemos que esse conhecimento depende do conhecimento sobre argumentação do professor, pois o professor precisa compreender esta prática científica e o seu papel nesse contexto para que possa planejar e conduzir o ensino de ciências nessa perspectiva.

Dessa forma, acreditamos que o ensino explícito de argumentação em cursos de formação pode contribuir para o desenvolvimento do conhecimento relativo à argumentação dos professores, pois oferece oportunidades para que eles desenvolvam conhecimento sobre argumentação e sobre as formas de inseri-la em sala de aula. É importante frisar que o desenvolvimento dos conhecimentos de estratégias de ensino e as habilidades para conduzir situações argumentativas possível de ocorrer durante o ensino explícito de argumentação parecem estar relacionados à aprendizagem de ações pontuais que favorecem a ocorrência de argumentação. Por outro lado, o desenvolvimento do conhecimento sobre materiais instrucionais parece estar associado tanto à aprendizagem dos materiais quanto à aprendizagem sobre a natureza ou características centrais dos mesmos. Nesse sentido, acreditamos que o desenvolvimento do conhecimento sobre os materiais instrucionais ocorrido durante a formação inicial permite aos futuros professores confeccionar materiais diferentes daqueles aos quais tiveram acesso durante a formação, uma vez que, nesse contexto, o professor tem oportunidade de aprender sobre as características centrais dos materiais. Isto pode implicar em um desenvolvimento contínuo desse conhecimento do professor.

CAPÍTULO 4. QUESTÕES DE PESQUISA

No início desse trabalho, salientamos que o nosso objetivo era avaliar o impacto do ensino sobre argumentação no contexto da formação inicial, especificamente, avaliar esse impacto no conhecimento sobre argumentação de professores de Química em formação inicial. Entretanto, para que esse objetivo pudesse ser concretizado, inicialmente, era preciso definir o que tomaríamos por conhecimento necessário ao professor para envolver argumentação no processo de ensino. Nesse momento, considerando as discussões realizadas nos capítulos anteriores, podemos definir que o nosso objetivo geral é avaliar o impacto do ensino explícito de argumentação nos conhecimentos *sobre argumentação* e *para a ação docente em argumentação* de professores de Química no contexto de formação inicial. Podemos, ainda, traduzir esse objetivo nas seguintes questões de pesquisa:

1. Em que extensão o ensino explícito de argumentação acompanhado neste trabalho contribuiu para o desenvolvimento do conhecimento *sobre argumentação* dos professores em formação inicial?
2. Em que extensão o ensino explícito de argumentação acompanhado neste trabalho contribuiu para o desenvolvimento do conhecimento *para a ação docente em argumentação* dos professores em formação inicial?
3. Como o programa de formação inicial direcionado ao ensino explícito de argumentação acompanhado neste trabalho influenciou o desenvolvimento dos conhecimentos dos professores de Química sobre argumentação e para a ação docente em argumentação?

Ao discutir essas questões de pesquisa, esperamos elencar aspectos positivos e discutir as limitações do programa de formação inicial vivenciado pelos professores em formação que acompanhamos neste trabalho. A partir disso, poderemos estabelecer um diálogo entre os conhecimentos produzidos neste trabalho e aqueles a eles relacionados encontrados na literatura. Assim, esperamos que as discussões das questões de pesquisa possam contribuir tanto para a configuração de novos programas de formação inicial pautados na perspectiva do ensino explícito de argumentação quanto para fomentar novas reflexões e investigações sobre o tema.

CAPÍTULO 5. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Ao realizar esse estudo, nos pautamos no conceito de pesquisa qualitativa ou naturalista na pesquisa em Educação. Dessa forma, nos propusemos a sustentar algumas características desse tipo de pesquisa:

- Ter o ambiente natural como fonte direta de dados, coletar dados predominantemente descritivos e analisar os dados seguindo um processo indutivo (Bogdan e Biklen, 1982 apud Ludke & André, 2011);
- Ter como instrumento de pesquisa o pesquisador (Eisner, 1991 apud Cohen, Manion, & Morrison, 2011);
- Preocupar mais com o processo do que com o produto (Cohen et al., 2011).

Em geral, atendemos essas características da pesquisa naturalística em Educação, pois buscamos, a partir de uma pesquisa de campo, compreender as contribuições e os impactos do ensino explícito de argumentação ministrado em uma disciplina específica de um curso de Licenciatura na formação inicial de professores de Química. Além disso, os dados são apresentados de forma descritiva e foram analisados na intenção de compreender as contribuições da disciplina para os conhecimentos relativos à argumentação desses professores.

Dentro de uma perspectiva naturalística, podemos encontrar alguns tipos de pesquisa como: etnografia, estudo de caso, estudo de caso etnográfico, pesquisa participante e pesquisa-ação (André, 2010). Em nosso estudo, nos pautamos em alguns aspectos da pesquisa etnográfica, como os princípios-chaves propostos por Green, Dixon e Zaharlick (2005), e utilizamos ferramentas desta metodologia de pesquisa, como observação, notas de campo e entrevistas.

Metodologias de pesquisa qualitativa na Educação

Green, Dixon e Zaharlick (2005) apresentam a etnografia como uma lógica de investigação. Tendo em vista a etnografia como uma lógica de investigação, Green *et.al* (2005) destacam três princípios-chaves: *etnografia como o estudo de práticas culturais; etnografia numa perspectiva contrastiva; e etnografia como início de uma perspectiva holística.*

Em relação ao primeiro princípio-chave – etnografia como o estudo de práticas culturais – podemos levar em consideração a visão de cultura sustentada por Spradley (1980 apud Green et al., 2005), na qual cultura é *“um conjunto de princípios de práticas que os membros usam para nortear suas ações uns com os outros”* (p. 30). Logo, essa visão implica que *“culturas não são fixas, mas sim, abertas ao desenvolvimento, à medida que interagem através do tempo e dos eventos.”* (p. 30). Dessa forma, podemos entender uma sala de aula como uma cultura na qual há negociações entre professores e alunos sobre suas ações e que o desenvolvimento da cultura escolar se dá por meio das interações entre os sujeitos e com o passar do tempo. Portanto, ao estudar uma cultura, o pesquisador assume que suas observações serão guiadas ou influenciadas pelos sujeitos e por suas ações, e não pela sua hipótese inicial.

No contexto desse estudo da cultura, as autoras destacam alguns aspectos em relação ao estudo. Primeiramente, as questões de pesquisa são geradas e identificadas através do tempo e dos eventos ocorridos em resposta às coletas de dados. Segundo, o pesquisador assume a posição de aprendiz no contexto investigado. E, terceiro, o que é aprendido pelo pesquisador pode ser triangulado com os sujeitos envolvidos para validação da análise do conhecimento cultural local. Com relação a esse princípio-chave, investigamos a interação da professora com as alunas durante o processo de ensino na tentativa de compreender como esse processo poderia favorecer o desenvolvimento do conhecimento sobre argumentação das alunas. Além disso, o objetivo da nossa pesquisa foi redescoberto no campo. Inicialmente, buscávamos analisar a argumentação das alunas em situações de entrevistas, que seriam realizadas antes de elas vivenciarem o ensino explícito de argumentação e após o processo de ensino. Porém, observamos que elas expressavam maior conhecimento sobre argumentação nas atividades em grupo e nos planejamentos das aulas simuladas do que nas situações de declaração de conhecimento sobre argumentação⁶. Ou seja, formulamos nossas questões de pesquisa a partir da experiência no campo e em resposta à nossa análise de dados.

O segundo princípio-chave ressaltado pelas autoras – etnografia como uma perspectiva construtiva – permite ao pesquisador tornar visível aspectos e práticas distintas de

⁶ Antes do período de coleta de dados, realizei entrevistas com os sujeitos participantes da pesquisa. Essas entrevistas tinham o objetivo de investigar as capacidades argumentativas das alunas e o entendimento sobre os elementos ‘justificativa’ e ‘evidência’ em um argumento. Para maiores detalhes sobre os resultados, consultar Martins, Ibraim e Mendonça (2013).

uma cultura. Como destacado por Green *et.al* (2005), através da perspectiva construtiva, o pesquisador:

“... será capaz de dar visibilidade aos princípios e práticas comumente invisíveis que norteiam as ações, interações, produção de artefatos e construção de eventos e atividades da vida diária dos membros.” (p. 35)

Nesse sentido, utilizamos diferentes tipos de contraste como o de perspectivas e de dados para obtermos informações sobre o processo desenvolvido na disciplina. Dessa forma, buscamos a sobreposição de perspectiva a partir da contraposição das ações das alunas: (i) enquanto aprendizes do conteúdo de argumentação; (ii) como professoras em uma situação simulada envolvendo argumentação; (iii) como professoras em uma situação simulada envolvendo outras abordagens que podem favorecer a ocorrência de argumentação. Além disso, contrapomos as ações da professora: (i) ao introduzir o conteúdo de argumentação; (ii) frente às dúvidas e questionamento das alunas sobre o conteúdo; e (iii) ao discutir com as alunas sobre outras temáticas além da argumentação. Além do contraste de perspectiva, buscamos a sobreposição através da triangulação de dados. Nesse sentido, além dos registros em vídeo das aulas, coletamos todos os materiais utilizados e produzidos durante o período da disciplina e recorreremos ao uso de entrevista com as alunas, durante os momentos de planejamentos para maiores esclarecimentos sobre as propostas confeccionadas por elas, e com a professora formadora, após o término da disciplina. A utilização desse contraste permitiu tornar visível o papel da professora frente ao processo de ensino explícito de argumentação, observar a evolução do conhecimento das alunas referente aos conhecimentos *sobre* argumentação e *para a ação docente*. Além disso, o uso do contraste favoreceu a análise do processo de ensino desenvolvido na disciplina e as contribuições da metodologia na aprendizagem das alunas.

Em relação ao terceiro princípio-chave – etnografia em uma perspectiva holística – as autoras ressaltam que um desafio dos que buscam entender a relação entre parte-todo, é compreender o significado do termo “todo”. Na visão de Erickson (1977 apud Green et al., 2005), a perspectiva holística não está relacionada ao tamanho da unidade sob análise, mas à justificativa para a unidade de análise ser considerada como um todo. Dessa forma, o “todo” pode se tratar de uma comunidade, ou mesmo de uma aula. Tomar a visão de “todo” na perspectiva de Erickson implica que, na análise do evento, sejam consideradas as relações entre as partes e o todo. Deste modo, um determinado evento pode ser analisado em

profundidade visando à identificação de questões ou elementos culturais mais amplos. Dessa forma, nessa pesquisa, definimos como “todo” o conjunto de aulas desenvolvidas na disciplina em questão (que foram integralmente observadas pela pesquisadora) e as partes como os eventos relacionados ao ensino de conhecimento sobre argumentação e ao conhecimento para a ação docente em argumentação.

Em suma, consideramos que o uso destes elementos presentes na pesquisa etnográfica em educação nos possibilitou compreender as práticas ocorridas na disciplina em cujo contexto este trabalho foi desenvolvido.

Maiores detalhes sobre o contexto e metodologia de coleta de dados serão apresentados nas próximas seções.

Contexto da coleta de dados

A coleta de dados teve início no mês de maio de 2013 e se estendeu até o mês de agosto de 2013⁷. Durante esse período, acompanhei as aulas de Prática de Ensino de Química IV (PEQIV) do curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública do sudeste do Brasil. Julgamos que seria interessante observar as aulas dessa disciplina, pois a ementa da mesma prevê a ocorrência de discussões sobre argumentação. Portanto, tendo em vista nossa expectativa inicial – avaliar o processo de ensino sobre argumentação na formação inicial de professores – consideramos relevante investigar uma disciplina que contemplava tal discussão na ementa.

O curso de Licenciatura em Química no qual esta disciplina é ofertada é dividido em oito períodos, isto é, possui duração mínima de quatro anos. Nos primeiros quatro períodos, os alunos cursam disciplinas direcionadas ao desenvolvimento do conteúdo químico como, Química Geral Teórica I e II, Química Geral Prática I e II, Físico-Química Teórica I e II, Físico-Química Prática I e II, Química Orgânica Teórica I e II, Química Orgânica Prática I e II, e História da Química⁸. Além disso, os alunos cursam outras disciplinas de conteúdo gerais, como Cálculo I e II, Física I, II, III e IV, Estatística e Probabilidade, Geometria e Cálculo Vetorial e Programação

⁷ Durante o ano de 2013, os funcionários da instituição investigada estiveram em greve. Por isso, o 1º semestre de 2013 não teve início em março, como de costume. A data inicial da pesquisa corresponde ao retorno às atividades pela instituição.

⁸ A disciplina foi caracterizada como de conteúdo químico, pois as discussões presentes nessa disciplina contemplavam apenas a história relacionada aos conteúdos químicos. Não a caracterizamos como uma disciplina de caráter pedagógico, porque não havia discussões na disciplina sobre como envolver a história da química no ensino de química.

de Computadores⁹, e também disciplinas de caráter pedagógico como, Sociologia e Organização do Trabalho Escolar. Do quinto até o oitavo período, os alunos continuam a cursar disciplinas de conteúdo químico (Química Analítica Teórica I e II, Química Analítica Prática I e II, Química Inorgânica, Química Analítica Instrumental e Química Ambiental) e também disciplinas de conhecimento interdisciplinar, como Bioquímica e Mineralogia. Além disso, nessa segunda metade do curso, os alunos cursam disciplinas de conhecimento pedagógico geral como, Psicologia da Educação I e II, Métodos e Técnicas da Pesquisa em Educação, e Política e Gestão Educacional. Finalmente, além das disciplinas pedagógicas gerais, a partir do quinto período o curso oferece disciplinas de conteúdo pedagógico específico para o ensino de Química como, Prática de Ensino de Química (PEQ) I, II, III e IV e Estágio Supervisionado de Química (ESQ) I, II, III e IV.

Na disciplina de Prática de Ensino de Química I, são contempladas as discussões sobre natureza do conhecimento científico, concepções alternativas no ensino de Química, concepções de ensino e aprendizagem e objetivos do ensino de Química contemporâneo. Na disciplina de Prática de Ensino de Química II, são discutidos aspectos relacionados a: história da Química e o ensino de Química; modelos e modelagem; analogias; e materiais instrucionais. Na disciplina de Prática de Ensino de Química III, há discussões sobre projetos temáticos, contextualização e interdisciplinaridade no ensino, avaliação educacional e ensino de Química no ensino fundamental. Na disciplina de Prática de Ensino de Química IV, objeto de estudo dessa pesquisa, há discussões sobre argumentação, atividades investigativas e experimentação no ensino de Química.

Tendo em vista que a disciplina PEQIV constitui o nosso objeto de estudo, apresentamos uma descrição mais detalhada sobre a configuração da mesma. O primeiro tópico da disciplina diz respeito ao tema argumentação. O ensino desse tópico segue uma metodologia baseada em oferecer aos alunos experiências com argumentação e posterior discussão sobre os aspectos de argumentação mobilizados na experiência. Para isso, a professora envolve os alunos em atividades práticas que contemplam alguns elementos ou aspectos de argumentação; depois ela solicita a eles que leiam um texto relacionado aos aspectos envolvidos na atividade anterior; e promove uma discussão em sala de aula sobre a leitura e sobre a realização da atividade. A metodologia adotada pela professora nesse

⁹ Na atual grade, a disciplina de Programação de Computadores foi substituída pela disciplina de Libras. Porém, a amostra desse estudo cursou a antiga grade do curso.

momento da disciplina se fundamenta no livro '10 Ideas Claves' (Jiménez-Aleixandre, 2010) e a maior parte dos textos foi retirada deste material. Além disso, o momento destinado ao ensino deste tópico envolve o planejamento e a apresentação de uma aula simulada envolvendo explicitamente argumentação.

Após essa discussão explícita de argumentação, é discutido o segundo tópico da disciplina: atividades investigativas. Nesse caso, a professora disponibiliza aos alunos textos sobre a temática e promove uma discussão em sala sobre a mesma. O último tópico a ser discutido é experimentação no ensino de química. Nessa parte, a professora discute com os alunos sobre os tipos de atividades experimentais e propõe que eles transformem um roteiro de atividade experimental do tipo verificacional em investigativo. Como fechamento da disciplina e avaliação final da mesma, os alunos planejam e ministram uma aula simulada envolvendo as três temáticas discutidas no curso. É importante destacar que a argumentação permeia todas as discussões ocorridas ao longo da disciplina, isto é, a professora adota um currículo recursivo. No estudo de caso, provemos mais detalhes sobre as aulas ocorridas durante a disciplina PEQIV.

Além das disciplinas de Prática de Ensino de Química, a partir do quinto período, os alunos cursam as disciplinas de Estágio Supervisionado de Química. O ESQI possui caráter teórico, pois os alunos discutem com a professora sobre: conhecimentos pedagógicos de conteúdo e conhecimento de conteúdo na formação docente; os princípios da formação docente: racionalidade prática versus racionalidade técnica; documentos norteadores do ensino (por exemplo, o PCN+); projeto político pedagógico das escolas e a organização escolar; e planejam e ministram aulas simuladas. No ESQII, os alunos fazem o estágio de observação na escola, o que envolve o diagnóstico da escola e das aulas de química e um relatório de observação, compartilham as experiências e fazem o planejamento das aulas que serão ministradas no ESQIII. No ESQIII, os alunos fazem o estágio de regência, o qual envolve a regência de aulas de Química, a discussão dos vídeos das aulas com base na ferramenta de Mortimer & Scott (2003) e produção do relatório de regência. Além disso, em ESQIII eles também elaboram um projeto de trabalho de conclusão de curso. O último estágio, ESQIV, é destinado à produção dos trabalhos de conclusão de curso.

Portanto, considerando a posição da disciplina PEQIV na matriz curricular de Licenciatura em Química daquela universidade, e os conteúdos contemplados nessa disciplina, reafirmamos a relevância de dirigirmos a nossa observação para a mesma. Isto porque

acreditamos que os alunos que a cursavam possuíam conhecimentos adequados de conteúdo de químico, conhecimentos pedagógicos gerais – que poderiam contribuir para o conhecimento do professor – e conhecimento pedagógico específico do ensino de Química. Nas disciplinas de conhecimento pedagógico específico de Química cursadas anteriormente à PEQIV, os alunos participam de discussões que podem contribuir para que eles repensem a concepção de professor transmissor de conhecimento e que podem favorecer o desenvolvimento de conhecimentos essenciais para a aprendizagem do ensino Química na perspectiva investigativa e pautada em argumentação.

Outro fator que contribuiu para a escolha do objeto de estudo foi a formação da professora da disciplina PEQIV. A professora em questão é graduada em Química e possui Mestrado e Doutorado na área de Ensino de Ciências, sendo que, em seu Doutorado, ela investigou as relações entre atividades de modelagem e a qualidade dos argumentos de estudantes de Química no ensino médio. Acreditamos que o conhecimento da professora na área de Ensino de Ciências e, principalmente, em relação à argumentação no ensino de ciências poderia potencializar as discussões sobre argumentação no ensino de química ocorridas na disciplina. Além da formação da professora, a experiência da mesma como professora de química do ensino básico (de mais de dois anos) poderia contribuir para a formação das alunas, uma vez que elas poderiam ter respaldo da adequação de seus planejamentos para o ensino de química no ensino básico. Por exemplo, durante os planejamentos das atividades, as alunas poderiam ter dificuldades em vislumbrar aquela proposta em uma situação real de sala de aula. Então, a partir de sua experiência, a professora poderia ajudar as alunas com relatos de situações vivenciadas por ela.

A turma que cursou a disciplina PEQIV no primeiro semestre de 2013 era composta por seis alunas. Das seis alunas, apenas uma estava cursando unicamente o oitavo período; as demais cursavam, concomitantemente ao oitavo período, disciplinas dos períodos anteriores. Entretanto, essas alunas haviam cursado praticamente todas as disciplinas de conteúdo químico e tinham cursado, na totalidade, as disciplinas de conteúdo pedagógico geral e conteúdo pedagógico específico para o ensino de química (PEQ I, II e III e ESQ I, II e III). Logo, acreditamos que a amostra possuía conhecimentos suficientes para se engajar nas discussões sobre os conteúdos envolvidos na disciplina PEQIV e para desenvolver seus conhecimentos sobre os mesmos.

Tanto as alunas quanto a professora assinaram Termos de Consentimento Livre e Esclarecido, concordando com a utilização de todos os dados coletados nesta pesquisa.

Metodologia de coleta de dados

Nessa seção, apresentamos os procedimentos realizados para a coleta de dados. Haja vista a diversidade de variáveis que atuam em um caso, o estudo de um caso requer mais do que uma ferramenta de coleta de dados (Cohen et al., 2011). Por isso, nossa coleta de dados envolveu: observação acompanhada do registro em vídeo das aulas, notas de campo realizadas pela pesquisadora, entrevista com as alunas e a com a professora formadora e coleta do material produzido e utilizado durante o período de coleta de dados.

Observação e registro em vídeo

Em geral, o uso da técnica de observação nos estudos qualitativos em educação porque permite que o pesquisador desenvolva um relacionamento mais íntimo com o observado. O uso da observação permite ao pesquisador realizar “descobertas” no campo (Ludke & André, 2011). Essas “descobertas” podem ser fruto da interação dos conhecimentos prévios do pesquisador frente ao observado, ou mesmo da falta de uma base teórica sólida que guia o processo de observação. Nesse sentido, a observação é tanto fiel à realidade quanto à natureza holística de um estudo de caso (Cohen et al., 2011).

Ao realizar a observação, encontrei dificuldade em me posicionar unicamente como expectadora. Isto porque a situação investigada me era próxima ou mesmo familiar, uma vez que, no ano anterior ao da realização da pesquisa, cursei a disciplina PEQIV na mesma instituição. Embora, a matéria PEQIV tenha sofrido reformulações e, portanto, as aulas seguiram uma dinâmica diferente da que vivenciei, muitas vezes, ao observar a situação, tendia a interpretá-la com base em minhas experiências. Apesar dessa minha dificuldade, na maior parte da observação atuei como expectadora, não interagindo com o processo observado. Apenas em alguns episódios de planejamento da aula simulada, participei com as alunas de discussões sobre as temáticas escolhidas para os planejamentos. Porém, acredito que a minha participação nesses momentos não influenciou o processo observado, pois, em geral, as discussões envolviam temas cotidianos ou aspectos de conhecimento químico, e não, o uso de argumentação.

Além de observar todas as aulas ocorridas da disciplina PEQIV, optamos por registrar em vídeo todo esse processo. Acreditamos que o registro em vídeo é uma forma de termos acesso ao processo de ensino desenvolvido na disciplina e que ele nos permite, durante o período de análise, acessar inúmeras vezes a situação. Embora, reconheçamos que o fato de termos filmado as aulas não implica no acesso total à realidade vivenciada pelos sujeitos, julgamos que a observação repetida do vídeo oportuniza a “revelação” de aspectos que eram invisíveis durante a observação no campo.

Vale destacar que a filmagem foi realizada apenas por mim e contou com a utilização de apenas uma câmera. Portanto, durante as aulas de discussões de textos e das atividades realizadas pelas alunas, escolhemos posicionar a câmera de forma que ela focalizasse todas as seis alunas e a professora. Destacamos que os fatos de a turma investigada ter poucas alunas e de a professora solicitar que elas se dispusessem em círculo foram essenciais para o registro de toda a classe e da professora. Nas aulas destinadas à realização das atividades e dos planejamentos das aulas simuladas, as alunas se reuniam em duplas ou em trios. Logo, devido à limitação de equipamento (apenas uma filmadora) não foi possível registrar todas as discussões nesses momentos. Entretanto, durante essas aulas, busquei realizar notas de campos referentes às discussões observadas e, quando as alunas solicitavam a presença da professora para discutir algo, me deslocava com a câmera para acompanhar a discussão. A limitação de pesquisadores e equipamentos para a coleta de dados não permitiu que tivéssemos acesso aos processos argumentativos desenvolvidos pelas alunas durante a realização de todas as atividades e nem durante as etapas de elaboração dos planejamentos.

Notas de campo

As notas de campo são uma forma de o pesquisador registrar suas observações no campo. Logo, as notas são realizadas de acordo com a necessidade do pesquisador e estão atreladas aos objetivos da observação (Ludke & André, 2011).

As notas de campo foram utilizadas, principalmente, nas situações de discussão entre as alunas ou entre as alunas e a professora, nas quais a limitação de equipamento impedia o registro em vídeo dessas situações. As outras ocasiões em que os registros escritos foram utilizados constituíram-se nos momentos nos quais a professora ou as alunas manifestaram aspectos referentes à argumentação. Nesses casos, busquei registrar o momento em que

ocorreu a manifestação – para posterior consulta em vídeo – e descrever brevemente o contexto no qual ela ocorreu.

Em alguns momentos, encontrei dificuldade em fazer anotações sobre o observado, porque o processo argumentativo é, por essência, um processo dialógico e dinâmico, o que dificulta a transcrição de fala dos personagens ou mesmo, o registro das ações.

Entrevistas

Considerando a limitação apresentada durante o período de coleta de dados, optei por realizar entrevistas com as alunas durante os momentos de planejamento de aulas simuladas. As entrevistas eram feitas espontaneamente e o objetivo das mesmas era coletar informações sobre a confecção dos planos de aulas, quais eram as intenções das alunas ao propor as questões, se a confecção do material era influenciada por alguma atividade que a professora havia trabalhado com elas ou, ainda, como elas pretendiam envolver a argumentação em suas aulas simuladas. A entrevista com as alunas também era uma forma de ter acesso a expectativas das mesmas sobre suas aulas simuladas.

Especialmente na última entrevista realizada com as alunas, referente ao planejamento final da aula simulada, busquei sondar: (i) se e como elas haviam envolvido argumentação em seus planos de aulas; (ii) quais momentos das aulas elas acreditavam que poderiam contribuir para a argumentação dos participantes da simulação; e (iii) como elas haviam pensado nas questões dos materiais instrucionais que produziram para as aulas. Em geral, essa última entrevista permitiu a coleta de informações referente à expectativa das alunas em relação ao uso da argumentação na aula simulada final. Os dados coletados nessas entrevistas nos possibilitaram a justaposição de dados – as declarações das alunas sobre o plano de aula e a execução do plano de aula – e de perspectivas – ações programadas enquanto alunas e as ações realizadas enquanto professoras da simulação. Portanto, o uso de entrevistas foi fundamental nesse trabalho para que pudéssemos trabalhar na abordagem etnográfica sob a perspectiva constrativa.

A entrevista com a professora formadora foi realizada no final do período de coleta de dados. A entrevista contemplou três aspectos principais: a argumentação científica; o ensino por argumentação e o papel do professor; e a metodologia adotada no curso de formação inicial. Inicialmente, buscamos sondar a concepção da professora sobre: argumentação

científica; elementos ou características importantes no processo argumentativo; e o papel da argumentação na construção do conhecimento científico. Tentamos, nessa primeira parte, reunir elementos que nos ajudassem a compreender a visão da professora sobre argumentação científica.

Na segunda parte da entrevista, os questionamentos foram feitos em relação ao ensino por argumentação e o papel do professor nesse processo. Questionamos a formadora sobre a importância do ensino de ciências pautado em argumentação, sobre as principais vantagens e desvantagens que a vivência desse ensino pode trazer para o aluno e para o professor que faz uso dele e, ainda, sobre os conhecimentos necessários ao professor para que ele possa ensinar por argumentação. Com essas questões, buscamos investigar: a importância que a professora atribuía ao ensino pautado em argumentação; a potencialidade dessa estratégia para a aprendizagem dos alunos; e a visão da professora sobre os conhecimentos essenciais ao professor para trabalhar com argumentação em sala de aula. Isto porque, como não há indicação nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Química (MEC, 2001a) sobre quais conteúdos específicos devem ser abordados, acreditamos que o fato de o professor formador considerar importante uma abordagem de ensino contribui para que seus alunos sejam estimulados a aprender e desenvolver tal abordagem.

Além disso, nas questões direcionadas à relação do professor com o ensino por argumentação, pretendíamos coletar elementos que nos ajudassem a compreender as escolhas da professora durante os processos de ensino e aprendizagem dos alunos em formação inicial. Julgamos que, ao conhecer as vantagens e desvantagens na visão da professora formadora, poderíamos inferir a relevância que ela atribuiu a essa prática no processo de ensino, o que poderia implicar no estímulo dado aos seus alunos durante o ensino de argumentação. Sobre as questões relacionadas aos conhecimentos necessários ao professor, tínhamos o objetivo de sondar a percepção da professora sobre os saberes específicos de um professor para que ele possa ensinar por argumentação. Isto porque, diante das declarações da professora, poderíamos inferir se houve relação entre os conhecimentos considerados importantes por ela e os que foram discutidos em sala.

Na terceira parte da entrevista, questionamos a professora sobre a metodologia de ensino utilizada durante a disciplina PEQIV. Em geral, nosso objetivo era compreender a escolha da professora por: atividades práticas seguidas de discussão de textos que envolviam os conteúdos abordados na atividade; e envolvimento das alunas em dois momentos de aulas

simuladas. Além disso, buscamos entender a relação da argumentação com as atividades investigativas e a experimentação na visão da professora, uma vez que esses conteúdos eram discutidos na disciplina. Com essas questões, buscamos reunir elementos que nos ajudassem na interpretação do processo de ensino explícito de argumentação.

Em geral, a entrevista com a professora formadora tinha o objetivo de reunir elementos que nos ajudassem a compreender a argumentação na perspectiva dela e as ações tomadas por ela durante o processo de ensino explícito de argumentação na disciplina PEQIV. Nesse sentido, a entrevista com a professora formadora nos auxiliou no trabalho etnográfico, no sentido de interpretar uma cultura a partir de uma perspectivaêmica (Green et al., 2005).

Materiais produzidos e utilizados pelas alunas

Além dos registros em vídeos e das entrevistas com as alunas, coletamos todos os materiais produzidos por elas durante o período de coleta de dados. Durante a disciplina PEQIV, as alunas produziram dois planos de aulas simuladas, um envolvendo explicitamente a argumentação (Anexos 5, 6, e 7) e outro envolvendo todos os conteúdos discutidos na disciplina (argumentação, atividades investigativas e experimentação) (Anexos 14, 15 e 16), e uma atividade investigativa que foi confeccionada a partir da reformulação de um experimento verificacional (Anexos 11, 12 e 13). Consideramos importante coletar esses materiais, pois eles poderiam ser fonte de informações do conhecimento sobre argumentação das alunas. Esses materiais contribuíram para a perspectiva construtiva, pois permitiram a sobreposição de dados provenientes das aulas simuladas com os materiais produzidos para as mesmas.

Além dos materiais produzidos, optamos por coletar os materiais utilizados pela professora durante o curso. Durante a disciplina, a professora utilizou:

- Quatro atividades envolvendo explicitamente argumentação. A primeira atividade, 'Halloween Crush' (Anexo 1), favorecia a discussão sobre evidências e justificativas na construção de enunciados. A segunda atividade, 'Por que sabemos o que sabemos?' (Anexo 2), oportunizava a discussão sobre a apresentação de evidências e justificativas para sustentar uma afirmativa de conteúdo científico. A terceira atividade, 'Crânio de Copérnico' (Anexo 3), possibilitava a discussão sobre o uso de um conjunto de dados na construção de evidências, explicações alternativas para um mesmo fenômeno e uso

de evidências específicas para o caso. A última atividade, 'Bonecos de neve' (Anexo 4) proporcionava a discussão sobre as capacidades argumentativas de propor teoria alternativa, contra-argumentação e refutação.

- Três roteiros experimentais do tipo verificacional. Os roteiros experimentais foram retirados de uma apostila de atividades práticas utilizada como material da disciplina Química Fundamental, ministrada aos cursos de Engenharia da instituição investigada. Os roteiros envolviam os conteúdos reações química (Anexo 8), equilíbrio químico (Anexo 9) e cinética química (Anexo 10). A coleta desses materiais nos permitiu contrapor a proposição das atividades investigativas com os roteiros originais, uma vez que esse material serviu como base para a proposta.

Metodologia de análise de dados

Depois do registro em vídeo de todas as aulas, assisti aos vídeos e realizei as transcrições dos mesmos. Ao fazer isto, observei que, em algumas das aulas, se fosse feita a transcrição na íntegra, o leitor teria dificuldade de acompanhar o processo de ensino porque havia muitas interações entre a professora e as alunas e estas, nem sempre, favoreciam a sequência lógica dos acontecimentos. Isto porque, em alguns momentos, todas as alunas falavam ao mesmo tempo (o que resultou em falas nem sempre audíveis) e a professora dava prosseguimento à discussão a partir de uma das falas das alunas. Portanto, em geral, optei por realizar uma descrição detalhada do processo de ensino ocorrido na disciplina PEQIV. Vale destacar que nas aulas de discussão das atividades, nas quais as alunas respondiam as questões da atividade realizada, os diálogos foram transcritos na íntegra. Mais uma vez, reconhecemos que a limitação de instrumentos durante a coleta de dados (apenas uma filmadora foi utilizada e os participantes não utilizaram microfones individuais) impediu, em alguns momentos, a compreensão da fala das alunas ou da professora. Além disso, durante as discussões, era comum que as alunas se empolgassem e falassem todas juntas, o que também dificultou a compreensão de suas falas.

Após a descrição e transcrição das sequências de aulas, percebemos que, ao ensinar explicitamente argumentação, a professora ensinava também sobre como trabalhar com argumentação enquanto futuras professoras de Química. Notamos esse direcionamento do ensino ao perceber que, além das discussões sobre as intencionalidades da argumentação, dos elementos que estruturam um argumento e das capacidades argumentativas, a professora dava às alunas oportunidades de confeccionar atividades envolvendo argumentação, de

desenvolver a argumentação em sala de aula a partir de situações simuladas, e destacava ações favoráveis à criação de ambientes argumentativos. Então, entendemos que a professora ensinava tanto sobre argumentação quanto sobre como oportunizar argumentação em sala de aula.

Somado a essa observação, tínhamos a percepção de que alunas demonstravam mais conhecimento sobre argumentação quando estavam envolvidas em situações de discussões ou de planejamento de atividade do que quando precisavam declarar o conhecimento em situações de entrevista. Frente a isso, julgamos que as contribuições do ensino explícito de argumentação poderiam estar mais associadas à formação de professores – conhecimentos essenciais para o ensino por argumentação – do que ao desenvolvimento da argumentação dos sujeitos.

Dessa forma, buscamos na literatura da área de argumentação aspectos que poderiam constituir um corpo de conhecimentos necessários ao professor para que possa ensinar ciências baseado em argumentação. A partir da análise das contribuições da prática argumentativa para o ensino de ciências, do papel do professor para a ocorrência de argumentação nas salas de aulas, e dos trabalhos que abordam formação de professores focados em argumentação, estabelecemos dois tipos de conhecimentos essenciais ao professor para trabalhar com argumentação, discutidos no capítulo 3: *conhecimento sobre argumentação* e *conhecimento para a ação docente em argumentação*.

A categoria **conhecimento sobre argumentação** foi criada tendo em vista o ensino autêntico de ciências, no qual a argumentação desempenha um papel importante. Em outras palavras, partimos do pressuposto de que, para ensinar ciências de forma autêntica, o professor precisa compreender as práticas científicas, nesse caso, a prática científica de argumentar. Tendo em vista a argumentação desenvolvida na comunidade científica durante o processo de construção de conhecimentos, determinamos que o professor precisa compreender:

- o papel das evidências e justificativas na construção de um argumento, isto é, entender a estrutura do argumento;
- as capacidades argumentativas que permeiam o discurso científico, ou seja, as capacidades de refutar, contra-argumentar e propor teorias alternativas;

- as possíveis intencionalidades da argumentação: persuasão ou estabelecimento de consenso.

Essa categoria recebe o nome de *conhecimento sobre argumentação*, pois, como discutido no capítulo 3, entendemos que esse conhecimento diz respeito ao entendimento sobre a natureza da prática argumentativa. Além disso, o domínio sobre os elementos que compõem essa categoria pode não assegurar ao sujeito maior competência em sua argumentação pessoal e não oferece indícios ao professor sobre como trabalhar com argumentação em sala de aula.

Em contrapartida, a categoria **conhecimento para a ação docente em argumentação** foi pensada como uma categoria que engloba os conhecimentos dos professores relacionados a como ensinar por argumentação. Para a criação dessa categoria, buscamos alguns elementos comuns nos trabalhos sobre formação de professores envolvendo explicitamente argumentação, pois acreditamos que o fato de todos os programas enfatizarem esses elementos confere a eles uma significância em relação à sua importância para a formação de professores. Dessa forma, elencamos os conhecimentos de estratégias de ensino e sobre materiais instrucionais como conhecimentos essenciais ao professor para a criação de ambientes argumentativos no contexto de ensino. Aliada a esses conhecimentos, está a habilidade para conduzir situações argumentativas, pois ela se relaciona à capacidade do professor de lidar com as situações argumentativas em sala de aula, o que implica na mobilização do conhecimento sobre argumentação, estratégias de ensino e materiais instrucionais para as situações de ensino pautadas em argumentação.

De posse das transcrições dos dados, de sua organização em ordem cronológica e da criação das categorias de análise, construímos um estudo de caso com estrutura cronológica, o qual permite a organização dos eventos e intercalação de comentários e explicações para os mesmos (Cohen et al., 2011).

O estudo de caso buscou descrever os processos de ensino e aprendizagem relacionados à argumentação ocorridos na disciplina PEQIV. A construção do caso teve por objetivo apresentar as atividades e textos discutidos durante o período de ensino, destacar as ações e falas da professora que possam ter contribuído para a aprendizagem das alunas e salientar as manifestações das alunas relacionadas às dificuldades de aprendizagem e ao desenvolvimento do conhecimento relativo à argumentação. Em geral, o estudo de caso

buscou retratar as contribuições ou impactos do ensino explícito de argumentação no desenvolvimento do conhecimento das alunas sobre argumentação e para a ação docente. Vale destacar que, nas partes do estudo de caso que são apresentadas as aulas de discussões de atividade, os diálogos entre a professora e as alunas foram transcritos na íntegra, com o objetivo de manter a integridade do processo dialógico de ensino. Além disso, as falas da professora e das alunas que evidenciam o processo de ensino-aprendizagem sobre argumentação foram transcritas na íntegra para respaldar nossa análise. O estudo de caso construído foi validado a partir da triangulação de dados e de perspectivas. Em relação à triangulação de perspectiva, solicitamos à professora formadora que lesse o estudo de caso e julgasse nossas interpretações a partir do ponto de vista de um membro da comunidade investigada.

A partir de uma análise detalhada do estudo de caso, organizamos os resultados em duas seções: conhecimento sobre argumentação e conhecimento para a ação docente em argumentação, a fim de facilitar a compreensão do leitor. Como cada categoria é composta por mais de um item relacionado à argumentação, subdividimos as seções em termos de cada uma das unidades. Dessa forma, para cada item foi criado um quadro, composto por três colunas, sendo que:

- A coluna 'aula' identifica a aula na qual ocorreu a discussão. Essa coluna permite a localização temporal da discussão e o seu contexto, assim como a observação sobre a recursividade da discussão do item;
- A segunda coluna, 'aspectos presentes na fala da professora', como o nome sugere, diz respeito às contribuições orais da professora para o desenvolvimento da aprendizagem das alunas. Essa coluna favorece a observação das ações da professora frente às dúvidas das alunas e discussões sobre os conteúdos da disciplina;
- A última coluna, 'manifestação das alunas referente à aprendizagem', apresenta a exposição de dúvidas ou entendimento das alunas em relação à aprendizagem sobre argumentação. Nessa coluna, as manifestações correspondentes a cada uma das alunas são indicadas por seus nomes fictícios, sendo os mesmos apresentados ao final da frase, entre parênteses. A associação da segunda e da terceira colunas permite observar a dinamicidade do processo de ensino-aprendizagem e, ainda, avaliar a aprendizagem das alunas.

As análises dos quadros e de suas discussões a partir das categorias criadas foram realizadas por mim e pela orientadora desse trabalho. Inicialmente, essas análises foram realizadas de forma independente. Após discussões de algumas poucas divergências, concluímos a versão final da análise, que subsidiou a discussão das questões de pesquisa.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

Nesse capítulo, apresentamos os resultados do nosso estudo caso em uma estrutura cronológica, que permite apresentar uma história contínua e discutir as relações causa e efeito presentes (Cohen et al., 2011). Com o intuito de facilitar o entendimento do leitor sobre o processo de ensino desenvolvido na disciplina, isto é a história da mesma, optamos por dividir o estudo de caso em três blocos: aulas envolvendo discussões focadas em argumentação; outras aulas; e aulas simuladas finais. Além disso, os blocos são subdivididos de acordo com as aulas relacionadas a eles.

Aulas envolvendo discussões focadas em argumentação

Aula 1

As discussões sobre argumentação da disciplina Prática de Ensino de Química IV (PEQIV) ocorreram durante o período de 16 de maio a 29 de agosto de 2013, correspondente ao 1º semestre de 2013. Na aula 1, a professora apresentou às alunas o objetivo do curso. Ela informou que, ao longo do semestre, elas iriam discutir sobre atividades investigativas e que as alunas teriam que planejar aulas simuladas envolvendo argumentação. Nesse momento, Isis questionou a diferença entre o planejamento feito para a aula de intervenção (que ocorreu durante a disciplina Estágio Supervisionado de Química III – ESQIII) e o planejamento para essa disciplina, direcionado à argumentação. Isto porque, segundo ela, o planejamento da aula de intervenção foi baseado em argumentação. A professora respondeu dizendo que o planejamento envolvendo explicitamente a argumentação era diferente, pois ele iria envolver os componentes do argumento, as razões para a conclusão, o trabalho com as evidências e justificativas, a proposição de refutação e contra-argumentos etc. Ela disse, ainda, que a atividade que seria realizada naquela primeira aula iria ajudá-las a perceber algumas características desse tipo de planejamento.

Tendo em vista o questionamento de Isis, observamos que, inicialmente, a aluna acreditava que os planejamentos na perspectiva construtivista eram iguais aos planejamentos envolvendo explicitamente argumentação. Por isso, a professora apontou algumas características presentes nos materiais direcionados ao ensino por argumentação. Ela também aproveitou o questionamento para destacar algumas diferenças entre as atividades que envolvem explicitamente a argumentação e as atividades dialógicas que podem favorecer a

ocorrência de argumentação. A professora destacou, ainda, que uma aula dialógica poderia favorecer a ocorrência de argumentação, mas que existem conhecimentos e habilidades dentro do conteúdo de argumentação que podem tornar o ensino do mesmo mais explícito e fundamentado. Além disso, ela salientou a importância de envolver os alunos nas aulas, uma vez que uma aula sem espaço para a participação e o questionamento do aluno não permite a ocorrência de argumentação. Diante da fala da professora, a aluna Isis concluiu que, embora em seus planejamentos ela tivesse solicitado que os alunos justificassem suas respostas, ela não dava oportunidades explícitas a eles para avaliarem suas ideias.

Na continuação da aula, a professora apresentou a primeira atividade a ser desenvolvida (Anexo 1). Nela, é apresentado um caso de um grupo de jovens em uma cabana que foi surpreendido por um acidente envolvendo uma lata de azeite, seguido de duas questões ('Por que a tampa da lata explodiu?' e 'Por que a lata amassou?') e de uma série de razões que poderiam ser usadas para responder as questões. As alunas deveriam avaliar as razões como 'mais relevante' e 'menos relevante' e justificar cada avaliação feita. A professora informou que o objetivo da atividade era dar oportunidade para que as alunas "sentissem na pele" a dificuldade de participar de atividades argumentativas antes de elas começarem as discussões mais específicas sobre o tema. Além disso, ela disse que esperava que, a partir da discussão, as alunas pudessem elaborar algumas ideias mais detalhadas sobre o que seria argumentação. Dando início à atividade, as alunas se dividiram em três duplas: Maria e Gisele, Isis e Rafaela, e Letícia e Lara.

Durante a realização da atividade, a professora questionou a aluna Isis se a atividade estava favorecendo a percepção de alguma característica especial sobre argumentação. A aluna disse que "*era tudo muito parecido com o que elas haviam feito anteriormente*". Então, a professora apontou que uma das características dos materiais relacionados à argumentação era trabalhar muito com a ideia de justificar, analisar as razões, além de trabalhar com a ideia de ordenar comparativamente a relevância das evidências para a situação. A professora abordou também o conceito de explicação, dizendo que a mesma visava mostrar o porquê, o motivo para o fenômeno.

Assim, a partir da fala da aluna Isis, a professora reforçou algumas características dos materiais relacionados à argumentação. A professora frisou essas características porque, em geral, os licenciandos acreditam que o fato de o professor solicitar que o aluno apresente uma opinião significa que ele favorece a argumentação no ensino. Além disso, ela destacou as

diferenças entre a atividade que as alunas estavam realizando e as atividades que elas haviam proposto para as aulas de estágio. Isto foi feito com o intuito de que elas percebessem que o ensino explícito de argumentação envolve algumas características próprias como, por exemplo, a avaliação do conhecimento pelo aluno.

Após a discussão inicial sobre os aspectos relacionados aos materiais favoráveis ao ensino por argumentação, as alunas tiveram o restante da aula para discutir a atividade proposta pela professora.

Aula 2

Na aula 2, a professora conduziu a discussão do texto *'Argumentar consiste en evaluar los enunciados en base a pruebas'* (Jiménez-Aleixandre, 2010). O texto aborda discussões sobre o significado de argumentação e de argumentos de autoridade, a possibilidade de múltiplas interpretações das evidências, e a argumentação como um processo social. A professora começou a aula perguntando às alunas se elas haviam gostado do texto. Maria disse que gostou da atividade apresentada ao final do mesmo (comparação entre as evidências para os modelos heliocêntrico e geocêntrico), porque ela nunca havia pensado sobre as evidências envolvidas no conhecimento desse conteúdo, ou mesmo que é possível trabalhar em sala as evidências para os conhecimentos curriculares. Diante do exemplo dos modelos para o sistema solar, a professora aproveitou para frisar que um mesmo conjunto de evidências poderia ser interpretado de diferentes formas, e que a proposição e aceitação de um novo modelo (por exemplo, o heliocêntrico) frente a outro modelo até então consensual (o geocêntrico) era complexa. Além disso, ela destacou que nem todo questionamento feito pelo professor em sala de aula poderia levar à argumentação. Por exemplo, quando o conhecimento é tratado como "pronto" e não são abertos espaços para discussões sobre pontos de vistas diferentes ou sobre como foi o processo de construção daquele conhecimento na história da ciência, a aula não caminha para a argumentação. Além disso, ela abordou a importância de se discutir os pontos de vista divergentes tanto como ideias opostas quanto como ideias alternativas.

Nesse trecho, notamos que a professora destacou que diferentes pesquisadores podem fazer análises alternativas para um mesmo conjunto de dados. Ao fazer isso, ela forneceu um indício de que os dados ou as evidências, por si só, não são conclusivos e, portanto, precisam ser interpretados. Ela também destacou a importância de o professor fazer

questões que favorecem a construção do conhecimento e o engajamento dos alunos em situações argumentativas. Isto porque, se o professor elaborar questões fechadas que permitam apenas uma resposta certa ou que não favoreçam a reflexão do aluno sobre o seu conhecimento, não há discussão e, conseqüentemente, o espaço para a argumentação é comprometido.

Na seqüência, a professora disse às alunas que quando não há argumentação na sala de aula, o que tende a ocorrer é a explicação. Em seguida, ela perguntou o que elas entendiam por evidência, justificativa e explicação. Isis respondeu dizendo que a explicação seria a justificativa. Então, a professora disse que eram coisas diferentes, o que causou confusão para a aluna, como fica evidente em sua fala: *“Agora eu entendi evidência e não entendi a justificativa!”*. A professora destacou que uma evidência poderia ou não ser empírica e que a sua função era ajudar a provar que algo é verdadeiro ou falso. Por outro lado, a justificativa ajudaria a mostrar como a evidência permite dizer se aquilo é verdadeiro ou falso, daria suporte à evidência. Então, Isis afirmou: *“A gente usa a vida toda isso errado (refere-se aos elementos do argumento), que nem sabemos o que é certo!”*.

Diante dessa fala, a professora aproveitou para chamar a atenção para o uso desses elementos nas avaliações, pois, algumas vezes, o uso dos mesmos é feito de forma incorreta. Por exemplo, usa-se ‘justifique’ com o intuito de ‘obter uma explicação’. Então, Isis perguntou o que poderia ser respondido em uma avaliação na qual a questão solicitasse que o aluno argumentasse sobre algo. A professora disse que, nesse caso, a intenção seria que o aluno fundamentasse sua resposta, que ele apresentasse evidências e justificativas coerentes com sua opinião.

Notamos que, embora a professora tenha discutido na primeira aula o significado do termo ‘explicar’, este ainda gerava dúvidas entre as alunas. Isis pareceu atribuir essa dificuldade ao fato de elas terem, ao longo da vida escolar, visto os termos ‘justificar’ e ‘explicar’ como sinônimos. Então, a professora aproveitou a dúvida da aluna para ressaltar a importância de os professores conhecerem o significado dos termos ao elaborar questões. Acreditamos que é importante que o professor conheça esses significados para que possa elaborar materiais instrucionais e estratégias de ensino coerentes com os objetivos de ensino. Por exemplo, se o professor deseja que os alunos expressem o modelo teórico que sustenta uma afirmativa química, ele precisa solicitar que os alunos apresentem uma justificativa.

Observamos, ainda, que a professora reforçou, mais uma vez, o significado e a função das evidências.

Continuando a discussão, a professora questionou as alunas sobre o significado de uma passagem do texto que dizia que as evidências eram interpretadas pelas “lentes” do pesquisador. Como as alunas não responderam, a professora reforçou que isso significa dizer que um mesmo conjunto de evidências pode ser interpretado de forma diferente pelos pesquisadores. E ainda, que a interpretação das evidências estaria relacionada ao contexto sócio-histórico (por exemplo, conhecimento científico da época, fatores econômicos e históricos etc.).

Observamos que a professora reforçou o fato de as evidências poderem ser interpretadas de forma diferentes pelos pesquisadores. Nesse momento, ela frisou que a interpretação das evidências poderia ser influenciada pelo contexto sócio-histórico. Julgamos que a habilidade de reconhecer as múltiplas interpretações sobre uma evidência é importante para que o professor possa ensinar por argumentação. Isto porque, tendo em vista essa possibilidade, o professor pode reconhecer que, apesar de as respostas dos alunos serem diferentes, elas podem ser igualmente válidas em determinado contexto.

Após a discussão do texto, a professora sugeriu que elas voltassem a discutir a atividade da aula anterior, ‘Halloween crush’ (Anexo 1). A questão 1 da atividade apresenta uma série de razões para o fato de a lata ter explodido e as alunas deveriam analisar cada uma delas, justificar se elas eram ou não relevantes para o caso, e apresentar uma conclusão. A questão 2, solicita a classificação das evidências em ordem de relevância para o caso e, depois, a justificativa para a classificação. Nesse momento, Isis questionou se o pedido de explicação feito na questão 2 (‘Proponha a sua explicação para o esmagamento da lata.’) não seria o de uma justificativa. A professora propôs que elas, primeiramente, ouvissem as respostas das colegas e analisassem.

A professora iniciou a discussão pedindo que cada uma das duplas dissesse se havia considerado a razão relevante ou não para o caso e que citasse a sua justificativa para a classificação. Ela discutiu com as alunas as respostas das questões e, nos momentos em que as alunas expressaram respostas diferentes, solicitou que elas discutissem. O diálogo a seguir exemplifica um desses momentos:

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

Gisele: *“Aumento do choque entre as moléculas gasosas dentro da lata, é importante. Isso é uma das consequências que faz com que a pressão aumente... mas não é a explicação.”*

Isis: *“É porque tudo está relacionado indiretamente. Ai separar o que é mais importante...”*

Professora: *“É por isso que na sua explicação você pode juntar tudo. Mas para resolver o problema, os mais relevantes foram 1 e 2 (relativos ao aumento da pressão e do volume). Esses outros que são colocados são menos relevantes para resolver. Não que eles não sejam relevantes. Vocês entenderam Lara e Letícia?”*

Letícia: *“Não!”*

Professora: *“Gisele e Maria vocês têm que argumentar com elas!”*

Letícia: *“A gente está pensando o seguinte: Se o aumento da velocidade é consequência, o aumento do volume também é consequência.”*

Gisele: *“O que explica a tampa explodir? Essa é a pergunta. O que seria a principal? O que seria a justificativa para isso? Seria que o volume expandiu e que a pressão aumentou ali dentro da lata. Agora, a energia cinética, ela favorece o que? Ela favorece o aumento da pressão, o aumento do volume, mas não é isso que faz a tampa explodir.”*

Maria: *“Está vendo que ele tem uma coisa indireta e o outro é mais direto? Então, esse direto, ele é capaz de dar...”*

Professora: *“...de uma vez, ele dá conta.”*

Maria: *“O outro não. Se você falar a velocidade, você conseguiria entender? E se falasse que ocupou um volume maior? Ai você ia falar assim, ‘ah isso já dá para entender!’.”*

Professora: *“Mas a Gisele falou que isso foi um toque que eu dei ontem.”*

Gisele: *“Ontem na questão 2, era tudo importante, ai na hora que a Professora falou ‘O que explica de verdade o que aconteceu...’ (trecho incompreensível, 9 segundos)... quando ela falou o que explica. Foi por isso que a gente mudou de opinião. Porque o que justifica mesmo é a primeira e a segunda.”*

Nesse diálogo, percebemos que as alunas atribuíram relevâncias diferentes para as razões apresentadas na atividade. As duplas Lara e Letícia, e Isis e Rafaela haviam considerado a razão ‘aumento do choque das moléculas gasosas dentro da lata’ como muito relevante para explicar a explosão da tampa da lata. Porém, ao discutir com a dupla Maria e Gisele, elas perceberam que as razões mais relevantes deveriam ser aquelas que são suficientes para explicar o ocorrido. Isto nos leva a crer que, no ensino sobre argumentação, a socialização das respostas das atividades é fundamental para que os alunos tomem consciência dos significados dos elementos que compõem um argumento. Observamos também que, durante a discussão, as alunas usaram os termos ‘justificar’ e ‘explicar’ como sinônimos. Além disso, Isis demonstrou dificuldade em analisar as razões, pois ela acreditava que todas eram igualmente

importantes devido às relações entre elas. Diante da dificuldade da aluna Isis, a professora se dirigiu a ela e retomou o papel da justificativa:

“Deu para você entender Isis, o que é o papel da justificativa? É mostrar porque aquela razão dá suporte. Porque a justificativa dá suporte àquela razão. Só que, tem casos que a razão é mais forte ou menos forte para explicar o problema. No caso aí, é a explosão da tampa.”

Após essa discussão, a professora continuou a discutir com as alunas sobre as razões que explicariam a explosão da lata. Ela perguntou à dupla Isis e Rafaela como elas haviam justificado a razão relacionada à não igualdade entre a pressão interna e externa:

Professora: *“O que vocês colocaram como justificativa (aponta para Rafaela e Isis)?”*

Rafaela: *“Ocorreu um aumento da pressão interna em relação à pressão externa. A pressão interna aumentou, comparada com a pressão externa, ou seja, era maior que a pressão externa.”*

Professora: *“Repete para mim. O que está escrito na razão?”*

Rafaela: *“Ah, não igualdade entre a pressão interna e externa do ar. Ahhhh não, não explicou!”*

Professora: *“Você entendeu? Vocês repetiram o enunciado. Não explicaram.”*

Isis: *“Não, espera aí. Vamos argumentar!”*

Rafaela: *“A não igualdade entre a pressão interna e externa do ar... A gente teria que explicar a não igualdade.”*

Nesse trecho da discussão, podemos observar que as alunas utilizaram mais uma vez os termos ‘justificar’ e ‘explicar’ como sinônimos. O comando da questão solicitava que elas justificassem, ou seja, apresentassem o porquê de a razão dar suporte à conclusão de que a tampa da lata explodiu. Por outro lado, à explicação seria a causa da explosão, ou seja, o que levou a tampa a explodir. Notamos ainda, mais uma vez, a importância do momento de socialização das respostas para a construção do conhecimento sobre argumentação, pois Rafaela e Isis só perceberam que não haviam justificado a razão quando a professora solicitou que elas lessem sua justificativa e comparou a justificativa da dupla com a razão apresentada.

Na sequência, a professora pediu que as alunas apresentassem a explicação para o fato de a tampa ter explodido:

Professora: *“E agora, explicação. O que vocês colocaram?”*

Gisele: *“A gente juntou todas as justificativas.”*

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

Maria: *“Agora eu vejo que a minha explicação tinha que começar de outra maneira. Eu coloquei que a explosão da tampa de óleo ocorre, pois ao aumentar a temperatura, aumenta a pressão, aumenta o choque entre as moléculas e sua energia cinética... e o choque entre as moléculas favorece o aumento da pressão interna, chegando ao ponto que a força que essas moléculas exercem no interior do recipiente é maior que a exterior sobre o recipiente e, por isso, ocorre à explosão.”*

Isis: *“Mas isso não seria uma justificativa?”*

Gisele: *“Nós justificamos, nós juntamos todas as justificativas.”*

Isis: *“Vocês explicaram. Vocês explicaram levando em conta todas as evidências. Eu acho que a gente explicou.”*

Professora: *“Então, explica.”*

Rafaela: *“Eu acho que a gente explicou errado. Com o aquecimento da lata, ocorreu a evaporação do azeite, formando gases de azeite dentro da lata, aumentando assim o número de colisões entre essas moléculas e ocorrendo o aumento de pressão na superfície da tampa da lata.”*

Maria: *“A gente falou isso.”*

Professora: *“Ai tem evidências?”*

Gisele: *“Se tem evidências aqui?”*

Professora: *“No problema, na situação, na tabela, tem evidências?”*

Gisele: *“Tem. Que a temperatura aumentou...”*

Professora: *“Naquele texto (refere-se ao texto da atividade), o que fala lá que pode ser evidência?”*

Lara: *“Aumento da temperatura, explosão da lata...”*

Maria: *“...ela ter esmagado.”*

Professora: *“São as evidências que você tem para resolver o fenômeno. O que aconteceu no problema. Essas outras coisas que foram colocadas na tabela como razão...”*

Gisele: *“... são as justificativas para essas.”*

Professora: *“É. O que seria a razão?”*

Gisele: *“O porquê que a tampa explodiu.”*

Professora: *“A razão é a causa da explosão.”*

Gisele: *“A razão é a explicação da tampa ter explodido e a gente justificou falando o porquê em cada caso.”*

Professora: *“Isso. Tudo bem, Isis? A razão seria a causa da explosão, a explicação. O que vocês fizeram na outra coluna é a justificativa para a causa, para a explicação.”*

Isis: *“Então elas não justificaram, elas explicaram?”*

Lara: *“Elas estão justificadas por todos os argumentos que elas utilizaram anteriormente.”*

Professora: *“A explicação foi composta por vários argumentos compostos por várias justificativas.”*

Isis: *“Nossa! Eu preciso de um fluxograma!”*

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

Gisele: *“Eu perguntei qual é a diferença de justificar e explicar. Ai a Maria falou: ‘explicar é o que está acontecendo, é a causa. E o porquê daquela causa é o justificar’. Ai que eu entendi.”*

Isis: *“O porquê dessas razões?”*

Todos: *“Isso!”*

Isis e Rafaela: *“A explicação seria uma causa sem o porquê. Se eu estivesse falando o porquê, eu estaria justificando e, eu estaria argumentando.”*

Nesse diálogo, notamos que a aluna Isis não tinha clareza sobre o significado de justificativa e explicação e que isso gerou a discussão entre as alunas. A professora e as demais alunas usaram o exemplo da atividade para explicar à Isis o que seriam, nesse caso, a justificativa e a explicação para a tampa ter explodido. Após a discussão com a turma, Isis e Rafaela pareceram ter conseguido diferenciar justificativa de explicação. Além disso, observamos que, apesar de a professora ter apresentado o significado de justificativa e explicação várias vezes, parece que as alunas, principalmente Rafaela e Isis, só começaram a entender a diferença entre os comandos a partir da discussão da atividade. Isto nos leva a crer que a opção metodológica da professora – propor atividades envolvendo argumentação – foi interessante para a construção de significados pelas alunas.

Após esse momento, a professora destacou a importância dos exercícios e de elas, alunas da Licenciatura, *“sentirem na pele”* as dificuldades de expressar as justificativas e explicações para uma conclusão, pois apenas sua fala não seria suficiente para que elas compreendessem a complexidade desses elementos. Assim como na aula anterior, a professora não conseguiu concluir a discussão da atividade.

Aula 3

Na aula 3, a professora continuou a discutir a atividade da aula anterior. Nessa aula, elas discutiram as respostas da questão 2 (‘Ordenar, da mais relevante para a menos, as razões para a lata ter amassado’). Todas as duplas classificaram a razão ‘a força da pressão do ar’ como a mais relevante e a razão ‘diminuição do volume da lata’ como a menos relevante para explicar o esmagamento da lata. Entretanto, a forma como elas ordenaram as demais razões foi diferente. Então, a professora aproveitou a situação para salientar que nesse tipo de atividade nem sempre há consenso das respostas:

“Uma coisa importante que a gente tem que pensar quando trabalha com essas questões envolvendo argumentação é que nem sempre há consenso. Vocês fizeram os exercícios em duplas e quando a gente foi discutir, nem

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

sempre teve consenso. E não significa que, por não ter consenso, a resolução que as pessoas fizeram foi inadequada. Porque às vezes pode ter possibilidades, caminhos, que são tão relevantes quanto outros. Mas tem outros casos que não, que determinados caminhos não são relevantes ou não resolvem o problema.”

Na fala da professora, percebemos que a mesma destaca a possibilidade de respostas não consensuais nesse tipo de atividade, pois há casos em que diferentes tipos de raciocínios são válidos. Nesse momento, a intenção da professora era chamar a atenção das alunas para o fato de que, nessas atividades, pode haver um consenso sobre a plausibilidade de diferentes pontos de vistas, mas não sobre a aceitação de um ponto de vista específico. Acreditamos que essa ação da professora pode ter contribuído para o entendimento das alunas sobre o papel do professor ao trabalhar com atividades argumentativas em suas salas de aulas. Isto porque o professor precisa saber lidar com as diferentes interpretações dos alunos e analisar a coerência das respostas. Nesse sentido, a professora ressaltou algumas ações e questionamentos que ela havia realizado durante a atividade, para mostrar às alunas como o professor pode ajudar seus alunos a chegar a um consenso:

“Quando eu pergunto assim ‘O que você respondeu?’, ‘O que você justificou?’, ‘Vocês concordam?’, vocês não concordam e apresentam o ponto de vista de vocês e elas (aponta para Lara e Leticia) vão observando o ponto de vista de vocês, as justificativas e vice-versa, até a gente tentar chegar a um consenso. No primeiro caso, no exercício 1, todo mundo chegou a um consenso. Nesse daqui, tivemos duas formas de raciocinar igualmente coerentes, mas teve um consenso quanto a quem é o número 1 e quem é número 6. Agora, 2, 3, 4, 5 variou, mas variou de uma forma coerente.”

Além disso, a professora destacou algumas características dos materiais direcionados à argumentação:

“Sempre quando tiver uma atividade que envolva argumentação, ela tem que ter esses espaços para a argumentação e tem que ter espaço para diferentes interpretações. Porque se for determinados problemas ou determinados tipos de questões que te conduzem a uma resolução única e que não dão muita margem para diferentes interpretações, a argumentação dificilmente vai surgir porque o problema é muito óbvio, a forma de resolver é muito simples ou a resposta é muito direta. Aí não abre esse espaço para argumentar. Então, para abrir espaço para vocês poderem argumentar uns com os outros, os problemas têm que favorecer isso, tem que favorecer soluções divergentes... Sempre quando vocês forem pensar em dar uma atividade que trabalhe com argumentação na sala de aula, necessariamente, ela vai ter essa questão de analisar a afirmativa, analisar justificativa, analisar evidências, colocá-las em uma ordem de relevância, ver o que as pessoas pensam, e pedir para que as

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

“pessoas justifiquem o que elas pensam para se chegar a um consenso. E, outra coisa importante: argumentação sempre vai estar relacionada à explicação. Ai eu estou pedindo para vocês analisarem e proporem explicação. Vocês vão convencer seus colegas de qual foi a melhor explicação para aquele problema que vocês estão analisando.”

A professora também ressaltou a contribuição da estratégia de trabalhar em duplas para as atividades argumentativas:

“Outra coisa importante das atividades envolvendo argumentação é essa questão de vocês trabalharem em duplas, porque às vezes se você não tem espaço para trocar as informações, aquela resolução fica limitada. A argumentação só individual não aguça tanto. Então às vezes o contato com o outro favorece esse processo de resolução de problemas, principalmente quando é um problema mais complexo. E esse processo de socializar o que cada dupla pensou, igual à gente fez aqui, também é relevante no processo de argumentação social.”

Ao final da discussão, a professora perguntou às alunas quais seriam as características de uma atividade que favorecesse a argumentação. Elas responderam dizendo que a atividade precisava apresentar variáveis, necessitava de uma problematização, precisava ter possibilidades de várias justificativas e que ela não poderia ter apenas uma solução. A professora reforçou a ideia das alunas dizendo que o problema deve ser aberto e possibilitar múltiplas interpretações. Nesse trecho, acreditamos que as alunas expressaram a compreensão sobre os materiais instrucionais direcionados à argumentação.

Dando sequência à aula, a professora disse às alunas que elas teriam mais uma atividade para pensar (Anexo 2). Ela explicou a atividade dizendo que as alunas deveriam apresentar evidências e justificativas para várias afirmativas que são muito usadas no ensino de química (por exemplo, água salgada é uma mistura). Após a distribuição da folha com os comandos da atividade, as alunas se reuniram em duplas, diferentes das anteriores, e começaram a fazê-la.

Aula 4

Na aula 4, a professora discutiu a atividade ‘Por que sabemos o que sabemos?’ (Anexo 2). Como as alunas haviam feito a atividade em duplas, algumas vezes as evidências e justificativas propostas pelas duplas eram diferentes. Nesses casos, a professora discutiu e comparou as evidências com as alunas:

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

Professora: *“Água salgada é uma mistura. O que você pensou de evidência Gisele?”*

Gisele: *“Eu pensei no processo de separação, ia separar a água do sal.”*

Professora: *“É faz sentido. Concordam que é evidência? E é uma evidência que dá para mostrar, de fato, para o aluno...”*

Isis: *“... Mas depende...”*

Gisele: *“... A pergunta é que, é uma mistura.”*

Professora: *“É uma mistura. Se você consegue separar o sal da água, por exemplo, por meio de destilação, isto é uma evidência de que é uma mistura. Se você não separar a água, é uma evidência de que não separa mais, então ali tem uma substância.”*

Maria: *“Acho que o nosso (dirige-se à Isis) está errado. A nossa evidência seria a dissociação dos íons na água.”*

Professora: *“Como você faz para ver a dissociação dos íons em água?”*

Maria: *“Ah tá, entendi!”*

Professora: *“Ai o seu modelo está mais perto da justificativa.”*

Maria: *“Teria que utilizar a condução da corrente elétrica.”*

Professora: *“Utilização da corrente elétrica para provar que tem íons em água. Mas ele pode pensar que não é uma mistura?”*

Isis: *“Com uma substância iônica você pode fazer a mesma coisa (refere-se à dissociação dos íons). Ele pode achar que é uma substância... O cloreto de sódio é uma substância iônica, porque produz corrente. Então, ele poderia achar que... Como a substância iônica produz corrente, a água salgada se produzir corrente também é uma substância.”*

Professora: *“Pode mesmo. Então, essa evidência não é totalmente contundente, ela dá margem à dúvida.”*

Nesse diálogo, percebemos que as alunas apresentaram dificuldades em apontar as evidências para a afirmativa química. Com o auxílio da professora, Maria e Isis conseguiram reconhecer a limitação da evidência que elas haviam proposto. Ao final do diálogo, notamos que a professora reforçou a ideia de que a evidência precisa dar suporte à conclusão, ou seja, não deve gerar dúvida no aluno.

Após essa discussão, a professora questionou a aluna Gisele sobre a justificativa que ela havia expressado para a afirmativa que a água salgada é uma mistura:

Professora: *“E qual foi a justificativa relacionada à evidência?”*

Gisele: *“Que se não houvesse mais de uma substância não teria como separar.”*

Professora: *“Isso. Concordo. Está vendo que a justificativa é bem direta ao ponto? Olha só, você tem a afirmativa, você fala para o aluno assim ‘Água salgada é uma mistura’, aí você quer provar para ele que é uma mistura, você vai e faz esse experimento (refere-se à destilação). Desse experimento você prova que separa a água do sal, do NaCl, e como você justifica para ele? É uma*

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

mistura porque você tem dois componentes, aí quando você aquece separa um do outro, se tivesse só um você não iria separar.”

Percebemos que a professora aproveitou a justificativa expressa pela aluna Gisele para reforçar, através de exemplo, os conceitos de justificativa e evidências. A professora e as alunas continuaram a discutir sobre as afirmativas. Com relação à afirmativa ‘NaCl é uma substância composta’, houve divergência entre as evidências apresentadas pelas alunas e elas discutiram sobre isso:

Professora: *“Cloreto de sódio é uma substância composta, o que vocês pensaram?”*

Maria: *“Então, a gente pensou que o composto iônico ele é formado por um cátion e ânion. E isso provaria.”*

Professora: *“Isso provaria. O que vocês pensaram?”*

Gisele: *“Que na reação de formação do cloreto de sódio é necessária... Aquela reação que a gente estuda, sabe? É necessário o cloreto, o cloro, o cloro na forma gasosa e o sódio, o cloreto de sódio na forma gasosa. Os dois criam um tipo de energia, um abaixamento energético para a formação do cloreto de sódio. Então, a gente teria dois gases diferentes formando uma substância só. Seria isso.”*

Professora: *“Não está errado não.”*

Maria: *“É mais complexa.”*

Professora: *“Mas depende do nível que você está discutindo com o aluno. Acho que as duas são possíveis, mas depende... Por exemplo, talvez essa sua (refere-se à resposta da Maria) no contexto que, seja lá no primeiro ano, mais no começo, quando se fala do comportamento da substância e da mistura. E a sua (refere-se à resposta da Gisele), quando se estivesse estudando reações químicas.”*

Ao discutir a validade das evidências apresentadas pelas alunas, percebemos que a professora fez considerações sobre o melhor momento para se trabalhar com cada uma das evidências. Em outras palavras, podemos dizer que ao discutir sobre a complexidade das evidências e sobre o melhor momento para se trabalhar com elas, a professora pode ter contribuído para o desenvolvimento das habilidades das alunas de trabalhar com argumentação em sala de aula. Isto porque elas refletiram sobre o fato de que as evidências precisam ser compreendidas pelos alunos para que possam cumprir seu papel de dar suporte a uma conclusão.

Na sequência, a professora continuou a discutir com as alunas as afirmações químicas:

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

Professora: *“Transformações químicas é todo processo que leva à formação de novas substâncias. O que vocês colocaram (dirige-se a Letícia)?”*

Letícia: *“Eu coloquei a queima da madeira.”*

Professora: *“E você Rafaela?”*

Rafaela: *“Combustão da vela, formação de ferrugem.”*

Professora: *“Exemplos, que serviriam como evidências.”*

Isis: *“Mas a ferrugem...? Você falou de ferro e ferrugem, não forma nova substância.”*

Todas: *“Forma. Muda o N_{ox} !”*

Professora: *“Se o N_{ox} muda, é químico.”*

Isis: *“Eu pensava em alguma coisa separada. O ferro que estava presente, o elemento ferro, oxidava. Ele continuava sendo ferro, mas oxidado.”*

Professora: *“Mas ele oxida porque ele reage com O_2 na presença de água.”*

Isis: *“Então, como ele continua sendo ferro...”*

Professora: *“...Mas em um estado diferente. É legal o que a Isis está falando, isso é bom da gente falar com os nossos alunos: você pode ter o mesmo elemento químico, mas se o estado de oxidação é diferente, ele é outra substância (sic).”*

Isis: *“Antes eu achava que não era.”*

Letícia: *“O Fe^{2+} não é a mesma coisa que o Fe^{3+} . O organismo só absorve Fe^{3+} .”*

Professora: *“O que prova que é outro íon, que gera outra substância, mesmo sendo formado pelo mesmo elemento químico.”*

Nesse diálogo, observamos que a atividade de apresentar as evidências e justificativas para as afirmativas químicas ocasionou a discussão sobre o conteúdo químico. A aluna Isis acreditava que elementos químicos em estado de oxidação diferentes indicavam a mesma substância. Porém, a partir do exemplo de ferrugem, utilizado por Rafaela para evidenciar uma reação química, Isis teve a oportunidade de discutir sua concepção sobre reação de oxirredução. Este fato pode ser visto como uma evidência de que atividades envolvendo argumentação podem favorecer a construção do conhecimento dos alunos, pois proporcionam o reconhecimento da limitação do conhecimento. Além disso, observamos que a aluna Letícia apresentou uma evidência (o organismo absorve apenas Fe^{3+}) que refutou a teoria da aluna Isis de que os elementos em estado de oxidação diferente constituem a mesma substância.

Após esse momento, a professora continuou a discutir as justificativas apresentadas pelas alunas para a afirmação ‘Transformação química é todo processo que leva à formação de novos produtos’. Ao ler sua afirmativa, Rafaela observou que ela não havia justificado:

Rafaela: *“Eu coloquei assim, mas eu acho que coloquei de forma errada. Que há formação de um novo produto, então não está justificando nada, né?”*

Professora: “*Não. Você está reafirmando a afirmativa.*”

Na fala da aluna, notamos que a mesma reconheceu sozinha a limitação da sua resposta. Acreditamos que as várias discussões sobre as justificativas apresentadas para as demais afirmativas podem ter contribuído para o entendimento da aluna sobre o papel da justificativa nesse caso.

Após a discussão das questões envolvidas na atividade, a professora questionou as alunas sobre a relação da atividade com a argumentação. Rafaela disse que a atividade exigia que elas pensassem sobre as afirmativas, pois não era possível apenas declarar os conceitos. Então, a professora salientou o papel da argumentação na sala de aula de ciências. Ela disse que o papel da argumentação era sustentar o porquê dos modelos e teorias serem considerados adequados. Além disso, ela frisou que o exercício estava relacionado à argumentação porque ele ajudava na reflexão sobre porque nós sabemos o que sabemos.

Finalizada a discussão sobre a atividade, a professora discutiu o texto ‘*La argumentación contribuye a competencias básicas y objetivos generales de la educación*’ (Jiménez-Aleixandre, 2010) com as alunas. Nesse texto são discutidas as contribuições da prática argumentativa para a aprendizagem dos alunos sobre ciência e de ciências, e para o desenvolvimento do raciocínio crítico. A professora se remeteu ao texto para dizer que as competências em argumentação eram desenvolvidas quando o sujeito tem a oportunidade de praticá-las. Na sequência, ela questionou as alunas sobre como isso poderia ser feito. Elas responderam que era preciso promover atividades que favorecessem a argumentação, assim como a professora havia feito com elas. Então, a professora indagou sobre a possibilidade de usar atividades que favorecessem a argumentação implicitamente. Diante desse novo questionamento, Gisele disse que qualquer aula poderia favorecer a argumentação, desde que o professor questionasse os alunos sobre o porquê de suas respostas ou os instigasse a responder. Diante disso, a professora retomou a pergunta feita pela aluna Isis na primeira aula (“*Qual a diferença da argumentação para os planejamentos que nós fizemos no estágio?*”) e destacou que uma aula dialógica pode favorecer a argumentação implicitamente, mas que as atividades que exigem que os alunos apresentem os elementos do argumento, justificativas e evidências (por exemplo, a atividade ‘*Por que sabemos o que sabemos?*’) favorecem argumentação explicitamente.

Nesse trecho, percebemos que, ao responder o questionamento da professora, as alunas expressaram entendimento sobre as estratégias de ensino que podem favorecer a argumentação e sobre a importância de o professor utilizar materiais instrucionais que favoreçam explicitamente a prática argumentativa em sala de aula. Percebemos, ainda, que a professora reforçou a diferença entre os materiais que contribuem para a argumentação implícita e explícita.

Na sequência, a professora questionou as alunas sobre a importância dos momentos que envolvem explicitamente a argumentação. Maria respondeu dizendo:

“Igual aqui (refere-se à atividade ‘Por que sabemos o que sabemos?’), quando é pedido uma evidência, às vezes, a gente confunde. É importante ter o momento explícito para saber mesmo, ‘Eu sei o que é uma evidência’. ‘Eu sei justificar’. Ou isso passa despercebido durante uma aula.”

Diante disso, a professora resumiu que esses momentos eram importantes para investigar se todos os alunos estavam entendendo, se usam a mesma linguagem e, ainda, para diagnosticar se eles estavam sabendo usar e identificar as evidências. Além disso, ela destacou a importância desses conhecimentos explícitos para os professores, principalmente, na hora do planejamento.

Nessa passagem, notamos que Maria reconheceu a validade das atividades que favorecem explicitamente a argumentação e a importância dos momentos de socialização das respostas. Acreditamos que esse reconhecimento pode implicar em uma habilidade do professor ao trabalhar com argumentação, pois esse deve solicitar que seus alunos expressem seus raciocínios e, assim, participem do processo de regulação do conhecimento. Além disso, observamos que a professora reforçou a relevância desse tipo de estratégia e material de ensino para a construção de conhecimento em argumentação das alunas.

Ao final da aula, a professora sintetizou as ideias dizendo que o desenvolvimento das capacidades de argumentação é complexo e que isso precisa ser feito ao longo de um processo. Ela ainda destacou a importância da argumentação ocorrer nas disciplinas de conteúdo químico durante a formação inicial. Nesse momento, Gisele afirmou que:

“A gente só sabe o que é argumentação agora. A gente não vai dar Prática de Ensino no ensino médio; a gente vai dar conteúdo. E aí, a gente não tem essa visão (refere-se às evidências e justificativas para o conteúdo). A gente até vê

isso em Prática de Ensino IV, mas eu não sei o que seria tratar Orgânica com argumentação.”

A professora respondeu o comentário dizendo que o que seria desenvolvido na Prática de Ensino IV daria condições para elas perceberem as conexões com os conteúdos químicos, e que esse desenvolvimento permitiria a aplicação das habilidades em outros contextos.

Aula 5

Na aula 5, foi realizada e discutida a atividade 3, ‘Crânio de Copérnico’ (Anexo 3). Antes de realizar a atividade, a professora lembrou os três elementos necessários ao argumento: a afirmativa ou conclusão, a justificativa e a evidência. E, ainda, destacou o papel de cada um deles dizendo: *“A evidência vai dar suporte àquela afirmativa. A justificativa vai fazer a conexão entre a evidência e a sua afirmativa.”* Ela disse também que um argumento pode ser considerado forte ou bem construído quando esses três elementos estão relacionados de forma coerente. Diante disso, ela questionou sobre a confiabilidade de uma evidência e salientou que a evidência é um dos elementos principais de um argumento, pois é ela que fornece uma prova para dizer se a afirmativa está certa ou errada. Ou seja, a evidência favorece a refutação ou confirmação de uma informação.

A professora questionou as alunas sobre como avaliar a confiabilidade de uma evidência. Nesse momento, apenas Maria respondeu. Ela disse que a evidência mais confiável seria aquela que desse suporte à justificativa de uma forma mais abrangente. Na sequência, Isis colocou que a evidência mais satisfatória seria aquela que respondesse ao que você quer, ou seja, a mais específica. Isis ainda citou um exemplo: pesquisas que relacionam o câncer de pulmão às pessoas fumantes; e disse que essa evidência não prova uma relação, pois isso poderia ser uma coincidência.

A partir do exemplo apresentado por Isis, a professora citou outros exemplos e ponderou que, em alguns casos, as evidências menos relevantes, quando somadas a outras evidências, isto é, juntas, podem dar suporte a uma conclusão. Em contrapartida, em alguns casos, uma única evidência pode ser mais forte ou relevante do que um conjunto de dados.

Nesse trecho da aula, percebemos que a professora reforçou os conceitos de evidências e justificativa apresentados em outros momentos da discussão sobre argumentação. Além disso, ela destacou o papel das evidências em termos de confiabilidade e

especificidade e também discutiu sobre a possibilidade de uma conclusão ser sustentada por um conjunto de evidências ou por apenas uma evidência. Acreditamos que essas considerações feitas pela professora podem ter contribuído para o desenvolvimento do conhecimento sobre evidências das alunas, uma vez que favorecem que elas tomem consciência sobre o papel das evidências.

Na sequência, a professora apresentou a atividade que seria feita naquela aula. A atividade era composta por um texto no qual eram apresentados dados que deveriam ser usados para dizer se um crânio encontrado pertencia ou não a Copérnico. As alunas deveriam analisar as informações trazidas no texto e concluir se elas eram suficientes ou não para serem usadas como evidências da afirmativa. Após as orientações, as alunas se dividiram em dois trios: Maria, Isis e Rafaela (trio 1) e, Gisele, Letícia e Lara (trio 2).

Durante uma discussão com o trio 1 sobre como desenvolver as habilidades argumentativas no ensino básico, a professora comentou com as alunas que as habilidades poderiam ser trabalhadas em salas de aulas de ensino médio através de simulações de papéis. Por exemplo, em uma discussão sobre um problema social, alguns alunos poderiam simular o papel de um governante e outros de cidadãos. Na atividade, poderia ser discutida a validade dos argumentos apresentados por ambos os lados.

Percebemos que, durante a discussão com a professora, as alunas do trio 1 manifestaram dúvidas sobre como favorecer o desenvolvimento das habilidades argumentativas em sala de aula. Então, a professora apresentou uma forma de promover argumentação no ensino. Acreditamos que, ao fazer isso, a professora pode ter contribuído para a aprendizagem das alunas sobre estratégias de ensino favoráveis à prática argumentativa. Isto porque a simulação de papéis pode ser entendida como uma estratégia de ensino, uma vez que o professor a utiliza durante uma discussão para instigar os alunos a refletir sobre os diferentes posicionamentos (por exemplo, pensando que é favorável a esse ponto de vista, como você argumentaria?).

Após as alunas terminarem a atividade, a professora deu início à discussão da mesma. Inicialmente, as alunas apresentaram as informações que elas haviam listado como evidências. Nesse momento, houve divergência entre os trios sobre quais dados poderiam ter caráter de evidência. Então, a professora lembrou o conceito de dados e evidências:

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

“Lembra quando a gente leu um dos primeiros capítulos aqui? A autora fala que dados são informações, são enunciados que você tem. E que a prova, evidência, é quando você consegue selecionar os dados que te levam a comprovar o resultado ou alguma coisa. Então, quando você pensa assim, crânio, só o crânio isolado, não ajuda. Mas crânio de 70 anos com o nariz quebrado ajuda a ser uma evidência.”

Na fala da professora, percebemos que ela retomou esses conceitos para destacar que nem todos os dados teriam caráter de evidências, ou seja, poderiam, sozinhos, dar suporte à, ou refutar, uma conclusão. Além disso, ela ressaltou que os dados isolados podem não ter caráter de evidência, mas o conjunto formado por esses dados pode significar uma evidência e, portanto pode dar suporte à, ou refutar, uma conclusão. Julgamos que essa discussão pode ter contribuído para a aprendizagem das alunas sobre o papel das evidências, e também para que elas compreendessem que, em alguns casos, apenas um dado tem caráter de evidência, é suficiente para dar suporte a, ou refutar, a conclusão enquanto, em outros casos, o suporte à conclusão será dado por um conjunto de dados coerentes entre si que constituem uma evidência.

Na sequência, as alunas discutiram sobre quais evidências eram mais suficientes para responder se o crânio seria ou não de Copérnico. Embora, ambos os trios tenham concluído que o crânio talvez pudesse pertencer a Copérnico, eles utilizaram dados diferentes para dar suporte às suas conclusões, o que gerou uma discussão entre as alunas. Diante da discussão, a professora entrevistou, com o intuito de fazer as alunas perceberem a plausibilidade das duas linhas de pensamento, apresentando uma conclusão sobre as possibilidades de interpretações diferentes:

“Acho que o que a Maria está querendo dizer é assim: O mesmo conjunto de dados pode levar a interpretações completamente distintas. Por exemplo, quando elas (aponta para o trio 2)... No crânio de 70 anos, o pensamento delas foi que na época as pessoas não viviam tanto. Quando vocês pensaram em fratura no crânio, vocês pensaram, não deve ser alguma coisa de transporte do crânio porque a arqueologia, quando ela faz uma investigação ela dá conta de dizer se aquilo foi depois, com o tempo, ou se a pessoa já tinha; supostamente essa análise indica. Então, o que eu estou querendo dizer é que um mesmo conjunto de dados leva a interpretações completamente diferentes, mesmo que ambos grupos tenham chegado à mesma conclusão.”

Após esse momento, a professora solicitou que as alunas apresentassem a explicação alternativa para a pergunta ‘Esse crânio é de Copérnico?’. As alunas haviam respondido que talvez o crânio fosse de Copérnico e, portanto as explicações alternativas envolveriam uma

resposta afirmativa e uma negativa. Ao apresentar as explicações, as alunas discutiram sobre o que poderia ser considerada uma explicação alternativa. Isto porque o trio 1 havia simulado a resposta de dois sujeitos: um que afirmava com convicção que o crânio pertencia a Copérnico e outro que estava convencido de que o crânio não pertencia a Copérnico. Por outro lado, o trio 2 havia pensado em respostas para a possibilidade de ser sim e não, ou seja, as respostas apresentadas não eram afirmativas convictas nem para o sim e nem para o não. Diante da discussão das alunas sobre qual deveria ser a explicação alternativa, a professora destacou o significado de uma teoria alternativa dizendo que ela é uma explicação que outra pessoa poderia formular e que é diferente da explicação inicial:

“A explicação alternativa é de outra pessoa. A sua é ‘talvez’... Quando você fala assim: ‘proponha uma explicação alternativa’, é algo diferente da sua. A sua própria é ‘talvez’ e a delas (refere-se ao trio 1) também é ‘talvez’. Mas elas pensaram em um sujeito que afirma que é sim e um sujeito que afirma que não é.”

Apesar da discussão sobre a resposta, as alunas Lara e Gisele parecem ter entendido o significado da explicação alternativa. Julgamos que elas expressavam a resposta como “pode ser” por acreditar que os dados não permitiam formular uma afirmativa com convicção. Entretanto, a explicação formulada pelo trio poderia ser usada para explicar o posicionamento de uma pessoa que acredita que o crânio pertencia a Copérnico.

Após a discussão das respostas, a professora questionou as alunas sobre o que elas acharam da atividade. Todas afirmaram que gostaram da mesma. A professora salientou que, apesar de a atividade não ter relação com os conteúdos de Química, ela é interessante pelo seu formato (utilização de texto que traz dados que precisam ser avaliados), que pode ser utilizado nas salas de ciências para trabalhar com argumentação. Ela ainda destacou que um ponto forte da atividade é o fato de ela não ter uma única resposta, pois há várias respostas que são coerentes. Então, o que precisa ser avaliado na argumentação do sujeito é a coerência com os dados e os conhecimentos prévios.

No final da aula, a professora chamou atenção, mais uma vez, para o fato de que os materiais envolvendo argumentação precisam ter caráter aberto e permitir múltiplas interpretações. E, também, que em atividades argumentativas o professor deve avaliar a coerência da resposta do sujeito. Acreditamos que essa seja uma habilidade importante para o professor trabalhar com argumentação em sala de aula, pois ele precisa estar ciente de que

nem sempre haverá uma resposta correta e de que, nesse caso, é preciso discutir com os alunos a coerência de suas respostas. Além disso, naquela atividade a professora apresentou um novo material instrucional para favorecer a argumentação em sala de aula: a utilização de texto que contém dados e que precisam ser avaliados pelos alunos para assumirem papel de evidência na construção de respostas.

Por fim, a professora informou às alunas que, na próxima aula, elas continuariam a discutir a atividade relacionada com o texto e que ela traria mais atividades que podem ajudar no desenvolvimento da argumentação em sala de aula.

Aula 6

Na aula 6, a professora discutiu o texto ‘Los criterios para evaluar pruebas incluyen especificidad, suficiencia, fiabilidad’ (Jiménez-Aleixandre, 2010). O foco principal desse texto é a discussão sobre evidências, o que envolve a interpretação das evidências e os critérios usados para avaliá-las. Nesse sentido, é abordado o significado de confiabilidade, validade e especificidade de uma evidência.

No início da discussão, Maria comentou que na atividade ‘Por que sabemos o que sabemos?’ (Anexo 2), ela teve dificuldade em perceber se a evidência era suficiente ou específica para a afirmação que estava avaliando e que achou interessante a autora ter discutido sobre a relevância de um conjunto de dados ou de uma única evidência.

A partir desta fala da aluna, a professora comentou sobre o exemplo do colesterol trazido no texto, que ilustrava a questão de especificidade. De acordo com o exemplo, para uma pessoa saber se sofre de enfermidades cardíacas, ela precisa conhecer os níveis de HDL e LDL. Uma pessoa saudável precisa ter altos níveis de HDL e baixos níveis de LDL. Então, se a medida fosse apenas do colesterol total, não haveria informações suficientes para dizer se a pessoa tem ou não algum problema de saúde, ou corre algum risco.

Continuando a discussão do exemplo, a professora pontuou que as duas medidas separadamente funcionam como uma informação específica para saber se a pessoa tem ou não algum problema vascular. E, ainda, que apenas o valor do colesterol total não fornece essa informação, o que faz com que ele não seja específico para o caso. Nesse momento, Maria comentou sobre o outro exemplo apresentado pela autora. A professora fez um breve resumo do exemplo trazido no texto.

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

“O alto número de fumantes entre aqueles enfermos de câncer de pulmão é uma prova específica da influência do fumo no câncer? E aí, ela (refere-se à autora) vem dizer que as tabacarias investiram muito dinheiro para tentar persuadir a opinião pública de que a resposta era negativa e de que se tratava de coincidências. Vinte anos depois, estudos em ratos mostraram que diferentes substâncias presentes no fumo (às quais nos referimos, genericamente, como ‘alcatrão’) teriam efeitos cancerígenos. De novo, as tabacarias alegaram que essa prova não era específica, pois se tratava de estudos em ratos, uma espécie distinta de seres humanos.”

A professora disse que é possível perceber no exemplo que os produtores de cigarros tiveram oportunidade de questionar as evidências em dois momentos. Maria se lembrou do argumento utilizado pela indústria tabaqueira (o câncer de pulmão era causado pela poluição). Nesse momento, a professora destacou que, nesse caso, como a evidência não era específica para provar o desejado, ela ofereceu oportunidades para a indústria refutar. Diante disso, Lara disse que nenhum argumento apresentado na aula anterior (atividade ‘Crânio de Copérnico’) seria específico, pois eles permitiam refutação. Então, a professora concordou dizendo que os dados apresentados na atividade não permitiam concluir se o crânio era de Copérnico. Ou seja, nenhum dado era específico para provar se era ou não o crânio de Copérnico.

Nessa passagem da aula, percebemos que, a partir dos exemplos, a professora esclareceu o significado de evidência específica. Além disso, no comentário da aluna Maria, notamos que, inicialmente, ela não tinha clareza sobre o significado de especificidade e apresentava dificuldade em selecionar evidências específicas para as suas conclusões. Tendo em vista o comentário da aluna Lara, acreditamos que ela compreendeu o significado de especificidade, pois foi capaz de relacionar o conceito com a atividade realizada na aula anterior. Julgamos importante que o professor reconheça a necessidade de apontar evidências específicas para suas conclusões porque, em sala de aula, ele deve buscar convencer o aluno da validade do conhecimento científico através de evidências.

Na sequência, a professora estabeleceu uma relação entre o exemplo discutido e o que ocorre na ciência. Ela comentou que, às vezes, as conclusões das pesquisas podem deixar lacunas para múltiplas interpretações e que, quanto mais específica for a evidência utilizada, mais forte será a conclusão, ou seja, a conclusão estará menos propensa à refutação. Ela destacou que como o conhecimento científico é provisório, ele pode ser modificado frente a novas evidências ou frente a novas interpretações das evidências existentes. Em outras palavras, as conclusões estarão sempre em aberto ou poderão ser refutadas.

Nesse trecho, observamos que a professora chamou atenção para a relação entre as evidências e a construção do conhecimento na ciência. Acreditamos que o destaque dessa relação pode ter contribuído para o desenvolvimento da visão de ciências das alunas, favorecendo a compreensão sobre a prática científica. Isto é importante para que o professor reconheça o papel das evidências na construção do conhecimento em sala de aula.

Na sequência, a professora questionou as alunas sobre por que é importante que alunos do ensino básico e superior saibam identificar e trabalhar com evidências. Nenhuma aluna respondeu prontamente. Então, a professora dirigiu o questionamento à aluna Letícia, que disse:

“Ciência trabalha muito com evidência, né? Acho que é interessante por esse ponto também. Para eles verem que em sala de aula tem como você trabalhar com evidências.”

Diante disso, a professora destacou que os pesquisadores trabalham com evidências para dar suporte às suas conclusões e que os objetivos no ensino de ciências devem ser os de que o aluno aprenda ciências, sobre ciência e a fazer ciência e que, por isso é importante discutir as evidências em sala de aula. A professora disse, também, que:

“O professor pode propor atividades que façam com que os alunos sejam também investigadores. Se eles são investigadores, eles têm que trabalhar com algumas coisas que os cientistas trabalham como analisar dados, que é esse trabalho de selecionar evidências para dar suporte às conclusões. E, nesse caso, a gente diz que os alunos estão praticando as habilidades de argumentação.”

Após esse momento, a professora continuou a discussão do texto retomando o título de uma das sessões do mesmo: ‘Exame das interpretações alternativas das provas’. Ela comentou que isso foi algo que havia acontecido durante a aula anterior, pois os dois trios haviam chegado à mesma conclusão a partir de um mesmo conjunto de dados, porém as interpretações foram completamente diferentes. Além disso, ela afirmou que o conhecimento teórico ou prévio de cada sujeito pode levar a interpretações diferentes de um mesmo conjunto de dados. Na sequência, ela leu uma passagem do texto que trazia um exemplo histórico e estava relacionado com o que ela havia acabado de dizer.

“Assim Boyle realizou experimentos sobre a combustão e, em 1660, demonstrou a necessidade do ar para que a combustão ocorresse. Nessa época, a teoria dominante era a do flogisto, que supunha a existência de um princípio em corpos combustíveis, capaz de transformar em ‘matéria do fogo’,

pela ação das altas temperaturas. Os metais aquecidos perderiam esse princípio, convertendo-se em cal e bastaria acrescenta-lhes flogisto para reconstruí-los de novo. Boyle observou que os metais ganhavam peso durante a calcinação e explicou esse aumento de peso pela 'fixação da matéria do fogo'. Embora a conservação da massa seja atribuída a Lavoisier, uns vinte anos antes, em 1753, Mijail Lomonósov repetiu os experimentos de Boyle e concluiu que a teoria do flogisto era falsa..." (Jiménez-Aleixandre, 2010, p. 91)

Diante dessa passagem, a professora comentou que esse exemplo poderia ser usado em sala de aula para mostrar tanto como o conhecimento prévio guia a interpretação dos dados observados quanto que o mesmo dado pode ser avaliado de forma diferente pelos pesquisadores, o que resulta em teorias alternativas. Nessa passagem, percebemos que a professora apontou uma estratégia de ensino que pode favorecer o trabalho com argumentação a partir de casos históricos. Acreditamos que é importante que as alunas percebam a presença dos elementos da argumentação nos casos históricos, para que elas possam discutir com seus alunos a construção do conhecimento científico.

Terminada a discussão do texto, a professora informou às alunas que na próxima semana (corresponde as aulas 7 e 8) elas iriam discutir dois capítulos da dissertação de Correa (2011), os quais abordam algumas habilidades argumentativas. Ela sugeriu que as alunas começassem a fazer a atividade 'Bonecos de neve' (Anexo 4). Essa atividade era relacionada com a discussão do texto seguinte.

Aula 7

Na aula 7, as alunas fizeram e discutiram a atividade 'Bonecos de neve' (Anexo 4). Após a discussão em cada grupo de alunas, a professora deu início à discussão da atividade com toda a turma. Ela sugeriu que fosse feita a discussão de cada questão, abordando as habilidades argumentativas e o conteúdo científico envolvido.

Professora: "A primeira pergunta: 'Suponha que os dois bonecos de neve estejam em um mesmo local, qual deles vocês acha que irá derreter primeiro?'. Qual seria a habilidade sondada aqui em 1? Qual deles você acha que derrete primeiro Letícia."

Letícia: "O Bob."

Professora: "O Bob. Então, você está emitindo sua opinião. E emitir uma opinião é o primeiro ponto de um argumento. Então, aqui no 1, está pedindo para dar sua opinião que, por sua vez, é um componente do argumento. Concordam? Ai, quando vem a pergunta 2, 'Por que você acha que o boneco indicado na questão anterior irá derreter primeiro?'. Quando eu coloco 'por que você acha?', o que eu quero na questão dois, em termos de habilidades?"

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

Lara: *“Você está defendendo seu ponto de vista.”*

Professora: *“E aí, você pode defender seu ponto de vista com base em que? Qual seria o elemento do argumento?”*

Gisele: *“A justificativa.”*

Professora: *“Então gente, as questões 1 e 2 foram formuladas para avaliar qual habilidade do sujeito? Qual seria a habilidade, Rafaela? Quando eu peço a opinião na 1 e quando eu peço a justificativa para a minha opinião de forma a defende-la?”*

Lara: *“Seria argumentar.”*

Professora: *“Então, a habilidade 1 é formular um argumento. Você concorda comigo, Lara, que para formular um argumento, o sujeito teve que se posicionar e justificar? E para se posicionar e justificar ele teve que analisar a situação dos bonecos, os dados que foram informados e os conhecimentos prévios dele. Para vocês fazerem esse julgamento, vocês tiveram que analisar que os dois bonecos têm a mesma massa, um deles está vestido e o outro não, e que eles estão em um mesmo local. Estes são os dados que vocês têm para analisar a situação. Junto com esses dados, o que vocês usam? Os conhecimentos prévios que vocês trazem. Nesse caso, vocês podem utilizar os conhecimentos prévios de absorção e reflexão da luz, de mudança de estado físico. São coisas que vocês podem trazer dos conhecimentos teóricos para responder, para justificar.”*

Nesse diálogo, percebemos que a professora fez várias questões para que as alunas pudessem concluir qual era a habilidade envolvida na questão 1 da atividade e, apenas após as alunas reconhecerem os elementos envolvidos, ela conceituou o que seria a habilidade de formular um argumento. Acreditamos que o fato de as alunas terem discutido anteriormente sobre os elementos presentes no argumento favoreceu a compreensão dessa habilidade.

Na sequência, a professora solicitou que as alunas apresentassem suas justificativas para o boneco escolhido derreter primeiro. Lara e Letícia haviam argumentado que o boneco sem casaco derreteria primeiro pelo fato de ele estar sem o isolante térmico. Por outro lado, Gisele argumentou que a ordem de derretimento dos bonecos iria variar de acordo com a temperatura externa:

“Olha só: se a gente está em um lugar frio e eu estou lá, sem roupa na neve, a temperatura do meu corpo vai estar muito abaixo do que a de quem está com a blusa de frio, que é o isolante. Por isso que o Bob vai derreter depois do Fred se estiver abaixo de 0°C. Mas quando vocês (dirige-se as colegas) falaram em absorver luz... Porque se o Fred está absorvendo mais luz, mais energia, e o Bob não tem essa absorção de energia, aí seria o contra-argumento disso que eu estou falando. É contra-argumento que fala?”

Nesse momento, a professora não respondeu a pergunta de Gisele e pediu que elas continuassem discutindo as questões. Então, a professora disse que o comando da questão 3 ('Você conseguiria pensar em outro argumento para o seu ponto de vista? Qual? E por quê?') solicitava um argumento alternativo. Ela lembrou com as alunas a atividade 'Crânio de Copérnico', na qual os trios haviam proposto argumentos alternativos apesar de utilizarem o mesmo conjunto de dados.

Observamos que a professora não prolongou a discussão sobre a habilidade de propor uma teoria alternativa. Acreditamos que isso tenha ocorrido porque essa habilidade havia sido bastante discutida ao longo das aulas anteriores, principalmente, quando as alunas discutiram sobre o papel das evidências.

Na sequência, a professora leu o enunciado da questão 4 ('Você poderia pensar em algo que falsificaria seu ponto de vista? O que e por quê?') e disse que quando o sujeito pensa em algo que poderia falsificar seu ponto de vista, ele está contra-argumentando. A partir desse momento, a professora e as alunas discutiram o que poderia ser um contra-argumento:

Lara: *"Estamos pensando que está fazendo sol. Ai o Fred está exposto ao sol e a roupa é preta. Ele vai absorver mais energia, a temperatura dele vai ficar maior e ele vai derreter antes que o Bob."*

Professora: *"Vamos pensar em um aspecto: O contra-argumento é: eu achar uma forma de invalidar meu próprio argumento. Então, na hora que você for escrever a resposta, você tem que pensar 'qual era o meu argumento inicial?'. Era o Bob, então você tem que arrumar uma forma de falsificar que é o Bob. Você tem que mostrar a limitação. Como que você faria Letícia? Você falou comigo que era o Bob, como que você contra-argumentaria a sua ideia de que é o Bob?"*

Letícia: *"Com o aumento da temperatura, a blusa de frio absorverá mais energia e a temperatura do Fred será maior que a do Bob, de modo que o Fred derreterá primeiro."*

Professora: *"Então, na verdade, você está justificando porque é o Fred. E como você invalida o Bob? O que falta complementar na sua resposta?"*

Lara: *"Pode falar porque o Bob não tem isolante térmico?"*

Letícia: *"É o que vocês justificaram na primeira."*

Lara: *"Ele é branco, então ele reflete. Na letra B da 5 ('Caso concorde com Fred, justifique o motivo.') eu coloquei assim: Pela roupa do Fred ser preta, ele irá absorver mais energia. Se comparado com o Bob, que é branco e reflete, a energia do Fred será maior, derretendo antes que o Bob."*

Nesse diálogo, observamos que as alunas tiveram dificuldade em formular um contra-argumento, e acabaram formulando uma teoria alternativa. Por exemplo, na tentativa de

expressar um contra-argumento, Leticia formulou uma teoria alternativa sobre a ordem de derretimento dos bonecos. Percebemos, então, que a professora precisou fazer um questionamento mais específico para que as alunas conseguissem apontar uma limitação no seu argumento inicial. Acreditamos que seja fundamental que o professor saiba formular um contra-argumento ou tenha conhecimento sobre seu significado. Isto porque reconhecer a limitação no conhecimento é um fator inerente à prática científica e que, portanto, precisa ser discutido com os alunos do ensino básico para que eles possam aprender sobre ciências. Além disso, a capacidade de reconhecer limitação de seu ponto de vista pode contribuir para a formulação de argumentos mais robustos uma vez que a limitação é reconhecida a priori.

A professora deu sequência à atividade discutindo a segunda parte da mesma. Para isso, ela leu os argumentos apresentados pelo boneco Bob ('Eu irei derreter primeiro porque o sol me atinge e transfere energia que irá transformar minha neve em água líquida.') e o argumento do boneco Fred ('Eu irei derreter primeiro porque irei captar toda a energia solar pelo casaco e com isso minha neve se transformará em água líquida.'). Ela destacou que, nessa questão, a intenção era a de que as alunas analisassem os argumentos dos bonecos levando em consideração o seu argumento inicial para, então, concluírem com qual boneco elas concordavam e o porquê disso. Na sequência, a professora pontuou que nos itens C e D da questão 5 ('Como você discutiria a ideia apresentada por Bob?' e 'Como você discutiria a ideia apresentada por Fred?'), as alunas deveriam apresentar uma refutação. Ela perguntou se era claro o significado de refutação. Como as alunas não responderam, a professora disse que refutar significava ir contra uma ideia de outra pessoa.

Finalizando a discussão da atividade, a professora perguntou se era possível concluir, definitivamente, qual dos bonecos derreteria primeiro. As alunas responderam que não seria possível, pois a temperatura ambiente não era informada no problema. Então, a professora frisou que poderia haver informações que contribuiriam para atingir uma conclusão, e questionou se as alunas conseguiriam pensar em quais poderiam ser. Lara disse que poderia informar a temperatura. Diante disso, a professora ressaltou que se fosse informada a temperatura, a pessoa poderia, apenas, supor qual dos bonecos de neve derreteria primeiro. E ainda, questionou se essa informação forneceria uma evidência forte que provaria qual boneco derreteria primeiro. Como as alunas não responderam ao questionamento, a professora indagou como elas usariam a informação da temperatura para montar um experimento que provasse qual boneco derrete primeiro. Leticia sugeriu um experimento, à

temperatura ambiente, com dois cubos de gelo, sendo que um estaria enrolado em um pano e demoraria mais a derreter enquanto o outro estaria descoberto e derreteria mais rápido. A professora destacou que esse experimento estabelecia uma comparação coerente, pois envolvia a comparação de uma situação conhecida com a situação dos bonecos de neve. Ela disse ainda que poderia ser feito um experimento utilizando o mesmo sistema proposto pela aluna Letícia. Porém, seria preciso que a quantidade de massa de água sólida que se transformava em água líquida fosse medida em intervalos de tempo. Dessa forma, seria montado um quadro comparativo com as quantidades de massa de água líquida para os dois sistemas. Esses valores seriam dados que poderiam ser usados como evidência para concluir qual sistema derrete mais rápido.

Nesse trecho, notamos que a professora discutiu com as alunas se a informação sobre a temperatura seria uma evidência específica para concluir qual dos bonecos derrete primeiro. O fato de as alunas terem reconhecido que essa informação não poderia ser uma evidência contundente nos leva a crer que elas compreenderam o papel das evidências específicas na formulação dos argumentos. Além disso, observamos que a professora solicitou que as alunas propusessem algum dado que poderia ser usado como evidência para esse caso. Pela sugestão do experimento feito por Letícia, acreditamos, mais uma vez, que as alunas expressaram entendimento sobre o papel de evidências.

Por fim, a professora concluiu que a atividade favorecia a argumentação por ser um problema aberto, o qual permitia várias respostas coerentes. E, ainda, que devido ao seu caráter aberto, ele favorecia a ocorrência das habilidades argumentativas, pois as alunas poderiam discutir as divergências de suas respostas.

Aula 8

Na aula 8, a professora discutiu com as alunas os capítulos 1 e 2 da dissertação '*Análise das capacidades argumentativas de professores de química recém-formados na Universidade Federal de Minas Gerais*' (Correa, 2011), os quais abordam os significados das capacidades argumentativas: elaborar argumentos, propor teoria alternativa, formular contra-argumento, e propor refutação. Baseando-se no texto, a professora abordou as capacidades que são inerentes ao ato de argumentar. Ela salientou que as alunas haviam trabalhado com essas capacidades na atividade anterior 'Bonecos de neves' (Anexo 4), apesar de não terem o conhecimento explícito na ocasião. Na sequência, ela questionou quais habilidades estariam

relacionadas à capacidade de argumentar. As alunas tiveram dificuldade em responder a questão da professora. Então, ela perguntou quais eram os elementos do argumento. Maria e Letícia responderam que eram a justificativa e a análise dos dados. Diante disso, a professora disse que, para uma pessoa argumentar, ela precisa saber analisar os dados, analisar quais deles possuem o caráter de evidência, e saber quais conhecimentos podem ser usados para justificar a conclusão. Portanto, argumentar envolveria outras habilidades e no ato de argumentar o sujeito conectaria as justificativas às conclusões para expor o seu argumento.

Dando sequência à discussão sobre as capacidades, a professora leu uma passagem do texto, na qual o autor expressa o seu entendimento sobre a capacidade de elaborar argumentos.

“Conseguir dar suporte a uma opinião, afirmativa, teoria ou conclusão é uma capacidade inerente ao ato de argumentar e somente através disso conseguimos elaborar um argumento.” (Correa, 2011, p. 19)

A partir daí, ela reforçou que apenas emitir uma opinião não significa argumentar e que, para argumentar é preciso dar suporte à sua opinião. Ela também citou como exemplo a atividade ‘Bonecos de neve’, pois a primeira questão perguntava qual boneco derreteria primeiro e a segunda o porquê, evidenciando que somente a soma das respostas à questão seria um argumento. Ela também enfatizou que, geralmente, os alunos respondem apenas “o que” e o que professor deve instigá-los a dizer o porquê, a dar suporte às suas afirmativas.

Continuando a discussão sobre como dar suporte à afirmativa, a professora apontou que o argumento pode ser sustentado tanto pelas evidências como pelas justificativas e leu o significado de justificativa considerado pelo autor: *“as justificativas são explicações que são baseadas em modelos teóricos, que são aceitos por uma dada comunidade” (Correa, 2011, p. 19).*

Nessa passagem, percebemos que a professora destacou a habilidade de formular um argumento e reforçou a importância da justificativa e da análise dos dados na construção do argumento. Acreditamos que a discussão sobre a habilidade de propor um argumento reforça as discussões anteriores sobre o papel e a importância das evidências e justificativas na argumentação. Além disso, notamos que a professora chamou atenção para a necessidade de o professor solicitar que o aluno dê suporte à sua conclusão, pois uma opinião não é, necessariamente, um argumento. Julgamos que essa chamada da professora pode ter

contribuído para o desenvolvimento das habilidades das alunas em trabalhar com argumentação, uma vez que a mesma pode ter favorecido a reflexão das alunas sobre o papel do professor frente a uma situação argumentativa.

Após a discussão sobre a capacidade de argumentar, a professora disse que a segunda capacidade argumentativa apresentada pelo autor era a capacidade de contra-argumentar. Gisele disse que essa era uma capacidade muito difícil. Então, a professora comentou que, em geral, as pessoas acham que contra-argumentar está relacionado ao outro (o que seria uma refutação). Na sequência, ela definiu que o contra-argumento seria o sujeito falsificar a sua própria opinião. Gisele comentou que as pessoas têm o hábito de pensar sempre da mesma maneira e, por isso, é muito difícil pensar em algo que vá contra a sua própria ideia. Nesse momento, a professora pontuou que, às vezes, o sujeito só vai reconhecer a limitação do seu pensamento quando é refutado. Por fim, a professora resumiu o conceito de contra-argumento lendo uma passagem do texto: *“Contra-argumentar se relaciona à capacidade do sujeito de imaginar condições que poderiam falsificar uma teoria que ele defende”* (Correa, 2011, p. 24).

Gisele enfatizou que durante a elaboração de um argumento ou de respostas, ela também elabora contra-argumentos, mas que não faz isso de forma consciente. Então, quando ela expõe o argumento, ela já estabeleceu a contra-argumentação, ou seja, reconheceu o ponto falho de seu argumento antes de manifestá-lo. Diante disso, Rafaela disse que se as pessoas fizessem a contra-argumentação como disse a aluna Gisele, não haveria as ideias ingênuas e as pessoas acreditariam que sempre é possível haver mais de uma resposta ou interpretação. A professora disse que às vezes, na ciência, as pessoas acreditam que há outra explicação, mas não possuem conhecimento suficiente para explicitá-la ou dar suporte à mesma naquele momento. Ela também incentivou as alunas a lerem toda a dissertação de Correa, pois elas iriam perceber que em alguns casos os professores não aceitavam serem contestados, os sujeitos achavam que estavam sempre certos – situação que o autor chamou de visão ingênua. Mas, a professora reconheceu que, por outro lado, pode haver casos nos quais os sujeitos nunca pensaram sobre outra explicação.

Como as alunas disseram que o significado da capacidade de contra-argumentar havia ficado claro, a professora perguntou se o significado da capacidade de propor teoria alternativa também estava claro. Ela disse que acreditava que esse conceito havia ficado claro,

pois na atividade 'Crânio de Copérnico' as alunas exploraram bem essa capacidade. Ela leu o trecho no qual o autor apresentava uma definição para a capacidade.

“A capacidade de elaborar teorias alternativas relaciona-se à capacidade de um sujeito imaginar uma teoria que seja diferente da que ele acredita (Kuhn, 1991).” (Correa, 2011, p. 25)

Por último, a professora definiu o que seria a capacidade de refutar. Ela disse que a refutação poderia ocorrer quando um sujeito diz ao outro o porquê de sua resposta ser incorreta. E, ainda, que outra forma de refutação seria a do tipo integradora. Essa refutação ocorre quando um sujeito diz o porquê de sua resposta ser correta e a do outro ser incorreta. A professora retomou uma passagem do texto que, segundo ela, poderia ilustrar a relação entre pensamento crítico e argumentação.

“Muitas das decisões que tomamos na nossa vida envolvem a escolha entre duas possíveis opções. Essa constatação já revela que o raciocínio envolvido em uma refutação, envolvendo a medição dos prós e contras de uma e outra teoria, é essencial à prática da cidadania. Além disso, podemos destacar que a existência de controvérsia entre duas pessoas ou grupos com pontos de vista distintos sobre uma questão é algo essencial à construção do conhecimento científico. Michael White (2003), por exemplo, escreveu um livro apontado como momentos de controvérsias entre duas pessoas ou entre dois grupos impulsionaram o desenvolvimento da ciência e da tecnologia.” (Correa, 2011, p. 26)

Nessa sequência, observamos que a professora discutiu com as alunas o significado das capacidades de propor uma teoria alternativa, formular contra-argumentos e elaborar refutações. Percebemos que as alunas manifestaram dúvidas apenas sobre a capacidade de formular um contra-argumento. Esse fato também foi observado na discussão da atividade 'Bonecos de neve', que mobilizava essas habilidades.

No final da aula, a professora informou que, na aula seguinte, elas iriam discutir sobre as questões sociocientíficas, e que essas questões envolvem outros aspectos além do conhecimento científico. Ela destacou que o uso dessas questões ajuda a perceber que é importante trabalhar com a racionalidade na ciência, mas que não se pode anular o emocional na aula de ciência. Isso porque, em alguns momentos os alunos poderão tomar decisões que não sejam puramente racionais.

Aula 9

Na aula 9, a professora discutiu com as alunas o texto ‘La argumentación socio científica contribuye al pensamiento crítico’ (Jiménez-Aleixandre, 2010). Nesse texto é abordado o significado de questões sociocientíficas e as contribuições desse tipo de atividade no desenvolvimento do raciocínio crítico do aluno, na aprendizagem sobre ciências, e para a tomada de decisão. Inicialmente, a professora fez uma revisão sobre o que havia sido discutido até o presente momento. Ela disse que as atividades feitas até aquela aula envolviam, principalmente, argumentação e os conteúdos de Química (por exemplo: a atividade ‘Por que sabemos o que sabemos’), e que a argumentação pode estar relacionada com o ensino tanto em questões de cunho científico como em questões de cunho social. Então, a professora informou que naquela aula elas iriam discutir as questões ditas sociocientíficas. Essas questões são assim chamadas por envolverem o conhecimento científico e também conhecimentos de outras áreas, uma vez que possuem um cunho social.

Nesse trecho, percebemos que a professora lembrou os materiais instrucionais utilizados até essa aula, destacando o caráter científico dos mesmos. Além disso, ela introduziu uma nova abordagem para trabalhar com argumentação em sala de aula. Acreditamos que, ao fazer isso, a professora ressaltou a diferença na natureza dos materiais instrucionais.

Iniciando a discussão, a professora perguntou qual tipo de questão as alunas relacionavam com argumentação antes de começarem os estudos na Prática de Ensino IV. Lara disse que ela relacionava com questões científicas e citou como exemplo a atividade ‘Bonecos de neve’. A professora disse que esse problema era científico porque a sua resolução necessitava de um conhecimento próprio para sua resolução (por exemplo, ação do isolante térmico). Então, a aluna Lara pontuou que na atividade ‘Crânio de Copérnico’ ela utilizou outros conhecimentos, não científicos, para resolver. Diante disso, a professora perguntou se elas classificariam a atividade ‘Crânio de Copérnico’ como um problema sociocientífico. Isis respondeu que não. A professora concordou e disse que aquele problema não necessita de um conhecimento específico para ser resolvido; apenas a análise dos dados seria suficiente para propor uma resposta. Ela destacou também que aquele problema até poderia ser usado para introduzir algum conteúdo de ciências, mas que a sua resolução envolvia mais as capacidades argumentativas (por exemplo, identificar e analisar evidências) do que um conhecimento científico. Em contrapartida, a atividade ‘Boneco de Neve’ exigia o conhecimento das capacidades e o domínio dos conteúdos envolvidos para sua resolução.

Nesse trecho da aula, percebemos que as alunas manifestaram conhecimento sobre as diferenças entre os problemas argumentativos de cunho científico, social e sociocientífico. Além disso, a professora ressaltou que a argumentação poderia ser trabalhada nas três dimensões. Julgamos que essa discussão sobre atividades argumentativas em diferentes contextos pode ter contribuído para o desenvolvimento das habilidades das alunas em trabalhar com argumentação no ensino, uma vez que permitiu que elas reconhecessem as diferentes possibilidades de favorecer a argumentação em sala de aula.

Na sequência, a professora destacou que o trabalho com as questões sociocientíficas em sala de aula é muito diferente do trabalho com as questões científicas, pois mesmo que uma questão científica seja aberta, permita que a resposta seja 'talvez' (por exemplo, a atividade 'Bonecos de neve'), ela possui argumentos científicos para ambas repostas. Em contrapartida, nas questões sociocientíficas, o professor não pode exigir do aluno um posicionamento apenas baseado no conhecimento científico, pois há argumentos de outras naturezas envolvidos (por exemplo, a discussão com um aluno vegano sobre a ingestão de proteínas). Por isso, é essencial que o professor reconheça que nessas atividades não haverá apenas uma resposta coerente, ou mesmo adequada.

Nesse fragmento da discussão, percebemos que a professora ressaltou que as questões sociocientíficas permitem que os alunos expressem argumentos de outra natureza, ou seja, apresentem argumentos diferentes dos científicos e que o professor precisa estar ciente disso e saber reconhecer a validade dos argumentos dos alunos. Acreditamos que essa consideração feita pela professora possa ser traduzida em uma habilidade necessária às alunas para que elas possam trabalhar com argumentação em sala de aula. Isto porque o professor precisa entender que a ciência é uma das formas de conceber o mundo e, portanto, em questões sociocientíficas, argumentos de outra natureza são igualmente válidos e precisam ser respeitados em sala de aula. Além disso, cremos que a professora pode ter contribuído para a aprendizagem das alunas sobre materiais instrucionais ao destacar essas características das atividades de cunho científico e sociocientífico. Isto porque essa discussão pode favorecer a compreensão das alunas sobre a proposição de materiais de acordo com o objetivo de ensino (por exemplo: o professor propõe uma atividade sociocientífica para discutir conteúdo conceitual e atitudinal com seus alunos).

Continuando a aula, a professora sugeriu que as alunas discutissem as controvérsias científicas que estariam relacionadas a aprender sobre a ciência. Fazendo referência ao texto,

a professora discutiu ideias sobre ciências que podem ser discutidas a partir de questões sociocientíficas. A primeira ideia abordada pela autora e discutida pela professora foi a conceitualização de ‘processo construído socialmente’. A professora questionou se as alunas conseguiam perceber como, a partir de uma questão sociocientífica, isso poderia ser discutido com os alunos. Nenhuma das alunas se manifestou e Isis perguntou o que seria uma controvérsia na ciência. A professora forneceu, então, um exemplo de uma controvérsia (o uso de adoçantes é favorável ou não para a saúde). Após uma pequena discussão sobre o que seria uma controvérsia científica, a aluna Maria disse que isso é importante para o aluno entender que a ciência não é exata ou tem apenas uma resposta, mas que podem existir respostas diferentes.

Diante disso, a professora destacou a segunda ideia apresentada no texto: limitações da ciência. Maria disse que, no exemplo sobre o uso de adoçantes, isso representaria o limite no qual os adoçantes podem ser consumidos sem prejuízos à saúde. A professora disse que as limitações também poderiam estar associadas às evidências científicas utilizadas para se atingir uma conclusão.

Visto que a pergunta feita inicialmente não havia sido respondida, a professora questionou, novamente, como as controvérsias científicas mostrariam que a ciência é construída socialmente. Gisele disse que a construção do conhecimento ocorre quando várias opiniões convergem para um ponto. A professora aproveitou a ideia apresentada pela aluna e resumiu a relação entre a controvérsia e a construção do conhecimento:

“Você está dizendo assim: existem pessoas trabalhando e essas pessoas divergem ou convergem. E as que convergem para chegar a um ponto único mostram que o que nós estamos chamando de conhecimento científico é algo construído nesse processo pelos pares de forma social. Então, quando você trabalha com diferentes textos, mostrando a controvérsia, você está mostrando que a ciência é social.”

Na sequência, a professora retomou a discussão sobre as limitações na ciência e questionou o que significava dizer que a ciência é um dos campos dentro de vários campos sociais. Como as alunas demonstram dificuldade em responder, a professora disse que isso significava que a ciência é apenas um ponto de vista sobre o problema e que existem outros pontos de vista sobre o mesmo problema. Em seguida, ela leu um trecho do texto ‘*Um enunciado normativo reflete normas e valores*’ e explicou suas principais ideias. Ela disse que, por mais que uma afirmativa feita por um cientista seja embasada em evidências, ela ainda

reflete os valores do mesmo, ou seja, o conhecimento científico não é imparcial. A professora destacou também que as afirmativas científicas são baseadas em provas e que essas, por sua vez, são baseadas em valores e interesse de quem as analisa (por exemplo, pesquisas financiadas pelas indústrias tabaqueiras que apontam falta de relação entre o fumo e o câncer de pulmão).

Finalizando a discussão sobre as limitações na ciência, a professora disse que pretendia mostrar que o trabalho com questões sociocientíficas vai além do exercício de tomada de decisão pelo aluno. Ele também pode oportunizar o entendimento sobre ciência, pois através desse tipo de questões é possível mostrar ao aluno que o conhecimento científico pode ser tendencioso, que a ciência é embasada em evidências, é provisória, além de outras características. Portanto, é possível discutir características da ciência a partir de um problema sociocientífico. Assim, tanto a discussão no contexto sociocientífico quanto a tomada de decisão e a discussão sobre ciências podem favorecer a formação do cidadão crítico.

Após a discussão sobre as ideias sobre ciências que podem ser trabalhadas a partir de questões sociocientíficas, a professora comentou sobre a terceira ideia, dizendo que ela envolvia o papel das evidências científicas e da dúvida na ciência; e sobre a quarta ideia, relacionada à avaliação dos enunciados, das fontes e dos interesses envolvidos no conhecimento científico. Por fim, a professora disse que essas ideias podem ser utilizadas ao discutir as controvérsias da ciência, caso se pretenda discutir sobre ciência e não apenas sobre o conteúdo científico.

Nesse fragmento da aula, percebemos que a professora destacou as características das atividades de cunho sociocientífico e sua relação com a aprendizagem sobre ciências. Acreditamos que isso pode ter contribuído para o desenvolvimento do conhecimento das alunas sobre materiais instrucionais direcionados à argumentação, pois permitia que as mesmas conhecessem a potencialidade desse material no ensino de ciências autêntico.

Por último, a professora avisou que, nas aulas seguintes, as alunas dariam início ao planejamento de uma aula simulada envolvendo argumentação e que ela enviaria por e-mail alguns materiais que poderiam ser usados como suporte para o planejamento da aula simulada (Erduran & Pabuccu, 2012; Jiménez-Aleixandre, Otero, Santamaría, & Puig Mauriz,

2009; Osborne, Erduran, & Simon, 2004). Além disso, ela comunicou às alunas que elas teriam duas aulas para preparar, em sala, as suas aulas simuladas¹⁰.

Aula 10

Na aula 10, as duplas Gisele e Letícia, e Rafaela e Lara apresentaram as propostas de aulas simuladas envolvendo argumentação. As alunas Lara e Rafaela foram as primeiras a apresentar. Elas planejaram uma aula para discutir a controvérsia sobre o uso de sacolas plásticas. A professora havia solicitado que as alunas simulassem uma aula envolvendo argumentação, porém o planejamento que elas haviam confeccionado era muito extenso para o tempo disponível. Então, as alunas apenas o apresentaram, ou seja, não simularam a aula.

Iniciando a apresentação, Lara disse que elas haviam redigido um texto e algumas questões para atividade (Anexo 5). Ela, então, pediu que as demais alunas lessem o texto e as questões relacionadas. Após a leitura, Rafaela perguntou o que elas acharam da atividade. Isis disse que achou que o texto não trazia evidências que poderiam basear argumentos a favor do uso das sacolas plásticas e que, por isso ela acreditava que não era possível responder a questão 1A ('Pensando que você é dono de uma fábrica de embalagens plásticas oxibiodegradáveis, como você defenderia o uso dessas embalagens? Use as evidências apresentadas no texto e argumente sobre isso.').

Rafaela questionou como as alunas usariam essa atividade em sala de aula. Maria disse que ela discutiria a controvérsia na forma de um júri simulado e, além do texto, ela solicitaria que os alunos pesquisassem outros materiais para defenderem seu posicionamento. A professora comentou que seria fundamental que essa atividade fosse inserida em um contexto no qual o conteúdo químico fosse trabalhado dentro da proposta. Ela salientou, ainda, que as atividades argumentativas não precisam ser elementos a mais nos currículos; que elas podem – e devem – ser integradas aos currículos, como atividades nas quais os conteúdos são trabalhados.

¹⁰ Nessas aulas, as duplas discutiram o planejamento da aula a ser simulada nas aulas seguintes. Por motivos técnicos (utilização de uma única filmadora e ausência de um assistente de pesquisa), não foi possível registrar as discussões ocorridas entre as alunas de cada dupla e, por isso o registro dessas aulas não consta na descrição do estudo de caso. Entretanto, acompanhamos parte das discussões em cada dupla e as ideias relevantes para justificar detalhes no planejamento serão apresentadas quando cada um deles for discutido (no relato das aulas seguintes).

Notamos que a dupla Lara e Rafaela tentou criar um texto no qual eram apresentados dados que poderiam ser utilizados como evidências. Segundo elas, esse material confeccionado foi baseado no texto apresentado na atividade 'Crânio de Copérnico' (Anexo 3). Observamos, também, que a aluna Maria destacou uma estratégia de ensino que poderia ser usada para trabalhar com a questão sobre o uso de sacolas plásticas. Percebemos que, em aulas anteriores, a professora havia pontuado que a estratégia de júri simulado poderia ser usada em sala de aula para favorecer a discussão de uma questão controversa. Portanto, acreditamos que as discussões sobre os materiais instrucionais ocorridas em aulas anteriores podem ter impactado no conhecimento dessa aluna sobre materiais instrucionais. Além disso, notamos que a professora ressaltou o fato de as atividades argumentativas poderem integrar o currículo existente das escolas, ou seja, a argumentação não precisaria ser um elemento a mais.

Na sequência, Lara perguntou o que as alunas acharam das perguntas que elas haviam proposto. A aluna Letícia disse que achou as questões boas, mas que ela não saberia responder a questão 1A ('Pensando que você é dono de uma fábrica de embalagens plásticas oxibiodegradáveis, como você defenderia o uso dessas embalagens? Use as evidências apresentadas no texto e argumente sobre isso.'). Maria disse que ela defenderia dizendo:

"As embalagem oxibiodegradáveis não gerariam tanto impacto quanto as convencionais, pois quando a superfície de contato é menor, vai gerar menos impacto."

Então, Lara destacou que elas formularam essa questão pensando em uma resposta similar à da aluna Maria, ou seja, uma resposta que relacionasse a superfície de contato com o tempo de degradação. Diante disso, a aluna Isis reafirmou que o texto não apresentava evidências que poderiam ser utilizadas para defender um argumento favorável ao uso de sacolas oxibiodegradáveis. Algumas alunas disseram que o texto trazia pontos positivos para o uso das sacolas. Então, Isis destacou que a questão pedia para defender com base em evidências e que, na sua visão, o texto havia ficado confuso. Lara defendeu sua proposta dizendo que a intenção era apresentar os pontos de vista sobre o uso das sacolas convencionais e das sacolas biodegradáveis. Rafaela reforçou que a intenção era que o texto não fosse tendencioso, falando apenas dos pontos positivos ou apenas dos negativos, pois o aluno deveria se posicionar.

Diante da fala da Isis (“*O texto não apresenta evidências a favor do uso das sacolas oxibiodegradáveis.*”), a professora questionou as demais alunas se elas concordavam. Gisele disse que as evidências eram apresentadas no texto como suporte para os argumentos contrários ao uso das sacolas oxibiodegradáveis, porém elas poderiam ser usadas por ambos os lados, a favor ou contra, dependendo da interpretação do leitor. Isis voltou a afirmar que o ponto de vista negativo sobre as sacolas sobressaía sobre o ponto de vista positivo. Nesse momento, Gisele reafirmou sua ideia de que o uso das evidências depende da intenção do sujeito e, ainda, que o texto não trazia muitas evidências.

Aproveitando essa discussão, a professora chamou atenção para quais seriam as evidências disponíveis no texto. Então, ela leu um trecho do mesmo e destacou o que seria cada sentença, como pode ser observado em sua fala:

“Pela primeira vez no Brasil, as embalagens plásticas degradáveis alcançaram escala industrial.’ Isso é uma afirmação. ‘No final do ano passado (2010), a Antilhas Soluções Integradas para Embalagens fabricou cinco milhões de sacolas degradáveis de polietileno de baixa densidade (PEBD), utilizando o aditivo EMC.’ Isso daqui, na verdade, é uma informação relacionada à primeira afirmativa, a de que elas estão sendo produzidas em escala industrial, porque foram fabricadas cinco milhões. Acho que não tem nenhuma evidência aqui. ‘A produção destinou-se à rede de perfumaria e cosméticos O Boticário.’ Então isso daqui foi uma finalidade. ‘Foi uma ação pontual de Natal, mas o lançamento foi significativo e sinalizou uma nova fase para a indústria do plástico, na opinião do analista técnico da Antilhas.’ Aqui tem evidência? Não tem, só informações de uso. ‘Ele reconhece o subsídio oferecido por uma marca forte, como O Boticário, no entanto, aposta na rápida consolidação do conceito, sobretudo em operações específicas. “Vai demorar para o plástico degradável chegar às embalagens de linha que envolvem grandes volumes, mas a cada nova ação, mais negócios serão realizados”, acredita.’ Aqui tem alguma evidência? Também não. ‘Antes da comercialização dos sacos plásticos, a Antilhas não recebia consultas referentes a esse tipo de embalagem.’ Eu acho que tem evidências de que, talvez, ela vai ser mais utilizada. Agora as evidências para você defender o uso delas não tem.”

A professora continuou a leitura do texto e concluiu, juntamente com as alunas, que as poucas evidências apresentadas no mesmo seriam difíceis de ser interpretadas pelos alunos do ensino médio. Por exemplo, o aluno precisaria relacionar a informação de que as sacolas oxibiodegradáveis, quando decompostas, se transformavam em um pó, processo este influenciado pela superfície de contato, para dar suporte a um argumento a favor de seu uso.

Na sequência, a professora perguntou a Lara, uma das autoras da proposta, o que a dupla havia pensado como resposta para a pergunta 1A. Lara disse, então, que ela esperava que a resposta fosse que:

“Elas (as sacolas biodegradáveis) produziriam menos resíduos, pois elas ficavam menores (refere-se ao pó formado após a degradação). E que as sacolas normais ficariam inteiras no ambiente.”

A professora destacou que isso seria uma justificativa – e não uma evidência – para o argumento de defesa do fabricante das sacolas oxi-biodegradáveis. Então, a aluna Gisele disse que a evidência teria que ser o tempo de degradação de cada sacola. Maria afirmou que, se fosse apresentada a evidência sugerida pela aluna Gisele, o aluno teria condições de avaliar os pontos positivos e negativos sobre o uso de cada sacola. Nesse momento, a aluna Lara questionou qual poderia ser a evidência para a explicação que ela havia apresentado. A professora disse que seria preciso mostrar algum estudo que apontasse que a diminuição da superfície de contato levaria a uma degradação mais rápida no ambiente e que isso geraria menos impacto no ambiente.

Nesse fragmento da aula, percebemos que houve divergência entre as alunas sobre as evidências que eram apresentadas no texto. O ponto de vista da aluna Isis (de que não havia evidências suficientes para que os alunos respondessem as questões apresentadas) foi reforçado pela professora quando ela destacou que havia poucas evidências no texto. Além disso, observamos que a aluna Lara confundiu a evidência com a justificativa ao responder o questionamento da professora. Por outro lado, Gisele apresentou uma evidência coerente para a situação problema. Isso significa que, nesse momento, algumas alunas demonstraram melhor conhecimento sobre os elementos dos argumentos do que outras.

Na sequência, Lara apresentou os momentos relacionados ao planejamento. O primeiro momento seria uma revisão sobre o conteúdo de polímeros com o objetivo de verificar se os alunos entendiam o mesmo. No segundo momento, seria apresentado um vídeo para iniciar o assunto (o uso de sacolas plásticas). No terceiro momento, seria entregue o texto que as alunas leram, mas que ele seria reformulado tendo em vista as observações feitas durante a discussão inicial. Ela afirmou, ainda, que, elas não tinham certeza se as questões seriam apresentadas aos alunos tendo em vista as considerações das colegas. Nesse momento, a aluna Isis entrevistou e disse que ela achou as questões interessantes, mas que o texto precisaria fornecer subsídio para respondê-las. Rafaela continuou a expor os momentos relacionados à

proposta. Ela disse que, no quarto momento, seria apresentado o caso sobre o qual os alunos iriam simular um júri e os papéis seriam divididos entre os alunos. Lara explicou que elas haviam pensado em um júri simulado composto por um juiz que seria o professor, os jurados, os ativistas, os fabricantes de sacolas convencionais e os fabricantes de sacolas oxibiodegradáveis. Ela destacou, ainda, que os alunos teriam que realizar pesquisas para construir seus argumentos.

Na apresentação do planejamento, notamos que a dupla Lara e Rafaela, assim como sugeriu a aluna Maria, escolheu trabalhar a questão controversa através de um júri simulado. Essa estratégia de ensino, inicialmente, foi destacada pela professora durante uma discussão com Maria sobre como trabalhar com argumentação em sala de aula. Além disso, durante as aulas de planejamento da aula simulada, ao discutir com as alunas sobre o texto produzido, a professora sugeriu que este poderia ser usado para introduzir o tema na sala de aula, e que depois os alunos poderiam ser divididos em grupos com posicionamentos diferentes. Portanto, acreditamos que o fato de as alunas terem optado por essa estratégia se relacionou à sugestão da professora durante as aulas de planejamento, e não à discussão anterior sobre como trabalhar com argumentação em sala de aula. Isto porque, inicialmente, ao discutir com a professora a proposta para a aula simulada, as alunas não manifestaram intenção de trabalhar com júri simulado.

Continuando a apresentação, Rafaela e Lara disseram que elas dariam sugestões aos alunos sobre os aspectos que poderiam ser abordados em seus argumentos de defesa e acusação. Nesse momento, Letícia comentou que achava que seria mais interessante se a proposta fosse aberta e os alunos buscassem, sem orientação, seus argumentos. Diante disso, a professora ressaltou que era importante que fosse dada uma orientação aos alunos, e que eles precisariam ser informados sobre quais elementos deveriam considerar para construir seus argumentos. Isto porque, em geral, os alunos tendem a escolher apenas um ponto de vista (por exemplo, o social) para formular seus argumentos. Ela ressaltou, também, que se o objetivo era desenvolver argumentação, era necessário direcionar os alunos e também fornecer momentos para a réplica e tréplica dos argumentos. A professora reforçou, ainda, que a informação fornecida pelo professor sobre a natureza dos argumentos implicava no fato de todos os alunos apresentarem argumentos de mesma natureza, porém baseados em pontos de vistas distintos. Ela também frisou que, além da instrução sobre os argumentos, seria preciso que a proposta contivesse fontes de informações, pois os alunos poderiam não

encontrar a riqueza de elementos que as autoras estavam esperando e, portanto, poderiam formular argumentos mais pobres.

Nesse trecho, percebemos que a professora apontou sugestões sobre *como* trabalhar com a estratégia de júri simulado em sala de aula. Durante as discussões anteriores sobre argumentação, a professora havia comentado que as atividades direcionadas à argumentação deveriam ser abertas e, talvez, isso tenha contribuído para o posicionamento da aluna Letícia.

Finalizada a apresentação da proposta, a professora pontuou que a questão das sacolas plásticas é uma questão difícil de ser concluída, mas que, em sala de aula, isso poderia ser feito através da coerência dos argumentos utilizados pelas partes envolvidas. Em outras palavras, poderia ocorrer de um grupo argumentar melhor e, por isso, o veredicto ser favorável ao seu posicionamento.

Em seguida, a professora solicitou que as alunas Letícia e Gisele apresentassem a sua proposta. A atividade proposta por estas alunas envolvia uma tomada de decisão. Na proposta era apresentado o caso de um adolescente que desejava emagrecer e, para isso, ele precisava escolher entre três dietas (Anexo 6). A primeira dieta era a das cores, na qual o sujeito deveria ingerir, em um dia, apenas alimentos de uma cor (por exemplo, na segunda-feira seriam ingeridos apenas alimentos vermelhos). A segunda dieta era relacionada à ingestão de proteínas, ou seja, a indicação era que sujeito se alimentasse apenas com proteínas. Finalmente, a terceira dieta envolvia uma baixa ingestão calórica e deveria ser seguida ao longo da semana. Iniciando a apresentação, Letícia sugeriu que as demais alunas fizessem a atividade e depois, ao final da aula, discutissem a mesma.

Após a realização da atividade pelas colegas, Gisele perguntou qual das dietas elas haviam escolhido e por que. Após as alunas discutirem qual dieta elas escolheram considerando o objetivo, a dupla Gisele e Letícia entregou a outra parte da atividade. Na segunda parte, eram apresentadas informações referentes às dietas mencionadas na primeira parte (por exemplo, a de que o nosso organismo possui uma dificuldade 30% maior de digerir proteínas do que carboidratos). As alunas questionaram a dupla se elas haviam estipulado o tempo que o sujeito ficaria de dieta e a aluna Isis disse que essa informação era importante para que fosse possível propor uma solução alternativa para o sujeito. As alunas Letícia e Gisele informaram que essa informação não havia sido fornecida, pois o objetivo delas era que o problema fosse aberto e permitisse várias soluções. Lara acrescentou ainda que, para propor

uma solução alternativa, era preciso considerar quantas calorias o sujeito precisaria consumir no dia, pensando nas atividades que ele realizava e em quanto tempo ele ficaria de dieta.

Nesse trecho da aula, percebemos que a dupla Letícia e Gisele trouxe informações sobre as dietas que poderiam ser usadas como evidências para dar suporte ou refutar a teoria inicial das alunas. Além disso, observamos que a dupla optou por não informar o período de duração da dieta do adolescente, pois o objetivo delas era que a atividade fosse aberta. Diante do posicionamento da dupla, acreditamos que esta demonstrou conhecimento sobre os materiais instrucionais, o que está relacionado às discussões ocorridas em aulas anteriores. Por exemplo, por diversas vezes a professora frisou que as atividades direcionadas à argumentação deveriam permitir múltiplas interpretações.

Na sequência, Gisele questionou as alunas se, com base nas informações sobre as dietas, elas mudariam a escolha que haviam feito inicialmente. Em geral, as alunas disseram que manteriam a escolha inicial. Apenas Isis disse que talvez mudasse a sua escolha, pois nas informações que foram apresentadas havia indícios positivos sobre a segunda dieta (por exemplo, a ingestão de proteína acelera a queima de gorduras estocadas) e parecia que ela funcionava; porém, a terceira dieta tinha baixas calorias, e isso era importante para emagrecer.

Por fim, Gisele questionou qual seria a solução alternativa que as alunas haviam proposto. Maria disse que o sujeito deveria praticar exercícios físicos e que ele poderia fazer a terceira dieta junto com a ingestão de suplementos alimentares. Lara afirmou que sua resposta era similar, exceto pela ingestão de suplementos alimentares. Letícia ressaltou, então, que nenhuma das três dietas poderia ser considerada adequada, pois, na primeira, os nutrientes eram distribuídos ao longo da semana e as pessoas precisam de nutrientes ao longo do dia. Nesse momento, Gisele comentou que, possivelmente, os alunos do ensino médio não teriam a visão crítica sobre a ingestão de nutrientes ao longo do dia e que eles poderiam achar a primeira dieta adequada, pois todos os nutrientes eram absorvidos ao longo da semana. Diante disso, a aluna Maria sugeriu que fosse colocada na atividade uma tabela que informasse, em média, a quantidade de cada nutriente que deve ser consumida por dia.

Letícia continuou a explicar porque a segunda dieta não seria adequada. Ela disse que na dieta da proteína vários nutrientes importantes não eram ingeridos e que, por isso, ela não pode ser feita por muito tempo. A professora salientou, ainda, que o discurso que relaciona

apenas a ingestão de proteínas à manutenção da massa magra é controverso, pois, sem carboidratos, dificilmente o sujeito tem energia para malhar. Letícia completou sua explicação dizendo que o organismo queima primeiramente carboidratos e na falta deles, ele queima proteínas e que, por essas serem mais difíceis de serem quebradas, o organismo trabalha mais e o sujeito emagrece. Por último, Gisele disse que a falha da terceira dieta era considerar apenas a ingestão calórica e não considerar a quantidade de nutrientes ingeridos. Letícia destacou que, ao analisar a terceira dieta, o sujeito precisaria considerar que para emagrecer de uma forma saudável era importante controlar a ingestão calórica e a ingestão de nutrientes. Finalmente, ela afirmou que, na última questão, a intenção era que o aluno sugerisse uma dieta alternativa e não apenas dissesse que ela deveria ser balanceada.

A professora salientou que essa atividade poderia ser trabalhada no contexto do estudo de termoquímica e que poderiam ser discutidos os significados de caloria, as reações químicas envolvidas, análise de rótulos, fazendo com que o conteúdo de termoquímica fosse contextualizado pelo tema dietas. Gisele e Letícia destacaram que o aluno não precisaria construir, de fato, uma dieta no final da atividade, mas que elas imaginaram que eles poderiam considerar vários aspectos (por exemplo: a importância da atividade física) na hora de propor uma teoria alternativa. Elas ainda pontuaram que os alunos poderia apresentar sua dieta para a sala e destacar em que aspectos ela era falha – o que favoreceria o contra-argumento. Nesse momento, a professora perguntou em quais capacidades argumentativas as alunas haviam pensado na atividade. Gisele disse que elas haviam pensado em como os alunos iriam propor um argumento alternativo ao analisar as dietas e, ainda, que ao propor uma dieta alternativa, os alunos teriam que pensar nas limitações da mesma, o que poderia promover a contra-argumentação.

Na resposta das alunas à questão da professora, percebemos que Gisele e Letícia expressaram conhecimentos sobre as capacidades argumentativas e sobre a importância da análise dos dados na construção das afirmativas. Além disso, elas conseguiram incorporar esses conhecimentos no material instrucional que propuseram.

Aula 11

Na aula 11, Maria e Isis apresentaram a aula simulada que haviam proposto. Isis entregou às alunas a atividade que elas haviam formulado (Anexo 7). A atividade era composta por uma história em quadrinhos que relatava o caso de uma adolescente que realizou um

processo de alisamento no cabelo e, depois de alguns dias, observou que os fios do seu cabelo haviam se quebrado. Além disso, na atividade eram apresentadas informações sobre a estrutura do formol, notas da ANVISA sobre o uso de formol em produtos de alisamento, entre outras.

Enquanto as alunas respondiam a atividade da aula simulada, Isis aproveitou para discutir com a professora sobre a mesma. Então, a professora disse às alunas Maria e Isis que a primeira questão da atividade ('Por que você acha que o cabelo de Deby quebrou?') solicitava que o sujeito expressasse a sua opinião, justificasse. A segunda questão ('Você acha que existe outro motivo para o cabelo de Deby ter caído? A- Se sim, qual? Justifique a partir de seus conhecimentos prévios e das informações fornecidas. B- Caso você não ache que exista outro motivo para o cabelo de Deby ter caído, justifique.') solicitava um argumento alternativo e isso poderia acontecer na letra A ou letra B. Na terceira questão ('Você concorda com o que a cabelereira Carmen disse em relação ao uso da chapinha ser necessário para ocorrer o alisamento capilar? Justifique com base nas informações e nos seus conhecimentos.'), o sujeito teria que exercitar a sua capacidade de refutar ou argumentar, pois, se ele concorda com a cabelereira, ele argumenta; se não, ele refuta. Ela salientou que a quarta questão ('Por que você acha que a Deby ficou com receio de entrar no mar? Justifique com base nas informações e em seus conhecimentos químicos.') solicitaria uma justificativa, mas não uma explicação. Então, se a intenção das alunas era que o sujeito explicasse, essa questão deveria ser completada com o termo explique. Nesse momento, a professora disse que não havia questões na atividade que permitissem a manifestação de um contra-argumento. Então, Isis questionou se a questão 2 não poderia oportunizar essa ocorrência, pois o sujeito poderia dizer que sim e apresentar um ponto em sua teoria que lhe deixasse em dúvida e, portanto, o faria pensar que outras respostas seriam possíveis. A professora concordou com a análise da aluna.

A análise da professora sobre a atividade evidenciou que as alunas abordavam todas as capacidades argumentativas discutidas durante as aulas. Além disso, observamos que as alunas incorporaram as capacidades de forma coerente ao material que elas propuseram. Acreditamos que isso seja um indício do desenvolvimento do conhecimento das alunas sobre essas capacidades e sobre a proposição de materiais instrucionais.

Após a discussão com a professora, Isis perguntou o que as demais alunas haviam achado das questões da atividade. Gisele disse que as questões eram difíceis, pois elas

estavam tentando justificar as respostas, mas achavam que não possuíam conhecimentos para tal. Então, Isis questionou se a atividade fornecia subsídios para responder as questões da mesma. Gisele disse que as repostas que elas deram eram praticamente baseadas nas informações disponíveis na atividade. Rafaela ressaltou que, possivelmente, as respostas que elas deram às questões eram diferentes das respostas que um aluno do ensino médio daria, pois elas tiveram a preocupação em basear suas respostas em conhecimentos químicos e os alunos, provavelmente, responderiam com base em seus conhecimentos do senso comum. Nesse momento, Isis salientou que as questões permitiam que os alunos respondessem com base em outros conhecimentos além dos conhecimentos químicos. Ela disse, também, que as questões poderiam ser modificadas de forma a envolver o conteúdo químico mais diretamente. Então, Rafaela frisou que, ao responder as questões, ela utilizou informações do cotidiano e algumas informações disponíveis no texto, pois tentou pensar como um aluno do ensino médio pensaria para responder as questões. Por outro lado, Gisele e Letícia disseram ter tentado fundamentar seus argumentos em explicações químicas. Nesse momento, a professora disse que, em sala de aula, o papel do professor é guiar o aluno para a argumentação científica, pois a tendência natural do aluno é responder as questões com base em sua vivência e desprezar os dados envolvidos no problema.

Maria comentou que, segundo o planejamento delas para a aula, em um primeiro momento as colegas discutiriam a atividade em grupo e formulariam seus argumentos para, depois, ser feita uma discussão com o professor (no caso com a aluna Isis e ela). Tal discussão seria guiada para a argumentação científica e seleção de dados. Isis ressaltou que, ao trabalhar com uma atividade envolvendo argumentação, o professor deve explicar aos seus alunos o que são os elementos de um argumento (por exemplo, evidência e justificativa). Ela também disse que esperava que os alunos utilizassem as informações apresentadas na atividade como evidências.

Nesse trecho da aula, percebemos que as alunas Maria e Isis demonstraram reconhecer as habilidades necessárias ao professor para trabalhar com argumentação o que, nesse caso, estaria relacionado ao fato de o professor solicitar que o aluno avalie os dados disponíveis e apresente justificativas também baseadas no conhecimento científico.

Na sequência, Gisele ponderou que isso poderia ocorrer, mas que alguns alunos poderiam argumentar apenas com base nos seus conhecimentos do senso comum. Então, Isis comentou que elas haviam pensado em inserir na atividade uma tabela para os alunos

completarem com evidência e justificativas, mas que, como o tempo para a aula era curto (em torno de 90 minutos), elas preferiram adotar um modelo mais aberto. Nesse momento, Letícia disse que, ao responder por que o cabelo quebra, ela pensou em ligações químicas, mas que um aluno poderia pensar apenas no uso do formol. Diante disso, a professora destacou que, nesse caso, o professor deveria solicitar que o aluno estabelecesse relação entre o formol e a quebra do cabelo.

Após a discussão sobre o que as alunas acharam sobre a atividade, Maria e Isis simularam como seria a discussão da atividade em uma sala de aula, como pode ser observado no diálogo transcrito a seguir. Inicialmente, Maria pediu as alunas que respondessem a questão 1 ('Por que o cabelo de Deby quebrou?'):

Rafaela: *"O cabelo de Deby quebrou porque ela usou formol."*

Maria: *"E por que o formol pode quebrar o cabelo?"*

Isis: *"Na verdade, o que te leva a crer que ela usou formol? Com base nas informações. O que te dá a entender que ela usou formol?"*

Maria: *"Você viu aqui, progressiva sem formol."*

Rafaela: *"A informação que aparece no próximo quadrinho."*

Maria: *"O cheiro forte, né?"*

Isis: *"Mas o cheiro forte pode ser um caminhão de lixo que passou."*

Letícia: *"Mas formol causa ardência nos olhos, no nariz..."*

Rafaela: *"...E ninguém coloca um paninho na frente do rosto (refere-se ao desenho na história em quadrinho) por causa de caminhão de lixo."*

Nesse diálogo, percebemos que Isis e Maria tentaram conduzir as alunas para análise dos dados apresentados na história em quadrinhos. Acreditamos que, ao tomar essa atitude, as alunas demonstraram uma habilidade importante ao professor na condução de atividades argumentativas porque, para favorecer a argumentação em sala de aula, o professor precisa instigar os alunos a apresentar as evidências que dão suporte à sua conclusão.

Após essa pequena discussão, Isis ressaltou que a intenção dela era mostrar que sem a nota da ANVISA que afirma que toda escova progressiva possui formol, elas não tinham condições de afirmar com convicção que a escova feita por Deby tinha formol. Maria reforçou que as alunas haviam utilizado as informações disponíveis na atividade (por exemplo, temperatura de ebulição do formol, efeitos colaterais do uso do formol etc.), mesmo que inconscientemente, para formular os argumentos. Nesse momento, Gisele disse que a resposta do aluno poderia ser o uso de formol, porque todas as informações apresentadas na

atividade eram sobre a substância formol. Em outras palavras, a atividade era tendenciosa para o uso de formol. Então, a professora destacou que a evidência mais forte da atividade era referente ao uso de formol, mas que isso não impediria o aluno de pensar que poderiam ser outros fatores (por exemplo, o uso contínuo de escova progressiva e o contato com a água do mar). Ela ainda disse que, assim como na atividade 'Crânio de Copérnico', o aluno poderia usar um conjunto de dados para responder ou utilizar apenas um dado para dar suporte ao seu argumento. Diante da fala da professora, Gisele concordou que outras respostas poderiam ser possíveis.

Nesse fragmento da aula, percebemos que Isis apresentou conhecimento sobre o significado de evidências específicas para o caso, o que, nessa atividade, seria a nota da ANVISA. Além disso, notamos que a professora ressaltou a possibilidade de a questão permitir respostas fundamentadas em outros conhecimentos além do científico. Acreditamos que a fala da professora reforçou uma característica das questões sociocientíficas e, por isso, pode ter favorecido o desenvolvimento do conhecimento sobre estratégias instrucionais voltadas à promoção da argumentação.

Finalizando a discussão, a professora perguntou o que deveria ficar claro para o aluno ao final dessa atividade. Gisele disse que a primeira coisa que devia ser trabalhada seria a visão crítica do aluno sobre as propagandas de escovas progressivas sem formol. A professora questionou sobre o que deveria ser trabalhado, em termos de conteúdos químicos, para que o aluno pudesse entender a atividade. As alunas disseram que os conhecimentos sobre as interações, reações químicas, reversibilidade de uma reação e efeito da temperatura eram fundamentais para o entendimento da atividade.

Outras aulas

A partir da aula 11, a professora discutiu com as alunas sobre atividades investigativas e experimentação no ensino de química. Consideramos que tanto as atividades investigativas quanto as atividades experimentais podem ser consideradas estratégias que favorecem a argumentação em sala de aula. Isto porque, o fato de essas atividades terem caráter investigativo implica na possibilidade de múltiplas respostas ao problema e consequentemente, no desenvolvimento da argumentação durante as discussões das respostas e no estabelecimento de consenso entre os alunos. Entretanto, nessas aulas, a discussão não foi centrada em argumentação, mas a professora buscou, quando possível,

estabelecer relação entre as estratégias de ensino e a prática argumentativa. Por isso, apresentamos, na sequência, um relato mais sintético dessas aulas, no qual destacamos todos os momentos em que houve relacionamentos dos aspectos referentes às estratégias de ensino e argumentação.

Aula 12

Na aula 12, a professora informou às alunas que elas iriam discutir o texto ‘O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas’ (Carvalho, 2013), o qual aborda o tema atividades investigativas e apresenta uma sequência de etapas que devem estar envolvidas em uma atividade investigativa (por exemplo, iniciar a investigação com a problematização). Dando início à discussão sobre o texto, a professora expôs um panorama do mesmo. Ela destacou que a autora se referia ao trabalho de Piaget para salientar a importância de um problema inicial para o processo de construção do conhecimento. Então, ela disse que a problematização era uma questão muito importante para as atividades investigativas, pois o aluno precisaria se engajar na atividade e que, para isso, o problema precisaria ser autêntico e contextualizado.

Continuando a discussão do texto, a professora disse que a autora afirmava que qualquer conhecimento novo teria origem no conhecimento anterior. Diante disso, ela destacou que para possibilitar a expansão do conhecimento, na problematização o professor deveria envolver os conhecimentos anteriores dos alunos. Isto porque esses conhecimentos seriam a base que fundamentaria o processo de aprendizagem. Nesse momento, ela deu o exemplo dos planejamentos que as alunas fizeram durante a disciplina Estágio Supervisionado, pois esses foram feitos considerando os conhecimentos prévios dos alunos.

Referindo-se ao texto, a professora destacou o papel do erro no ensino. Ela frisou que, às vezes, as atividades investigativas precisariam ter passos ou ciclos de erros. Isso porque, como sugere a teoria de Piaget, o aluno precisa passar pelo processo de perturbação, ou seja, criar um conflito entre o que ele sabe e o novo. Depois disso, ele precisa vivenciar o processo de equilíbrio, isto é, ele precisa aceitar e conviver com a nova ideia. A professora comentou, ainda, que o uso de uma atividade investigativa poderia deixar o professor nervoso, pois são vários ciclos de erros que estão envolvidos nesse processo. Além disso, nas situações de construção do conhecimento, o professor precisaria: administrar o tempo, saber como se relacionar com os alunos e com seus questionamentos etc.

Nessa passagem da aula percebemos que, ao discutir sobre o papel do erro nas atividades investigativas, a professora destacou algumas habilidades necessárias ao professor para que ele possa lidar com a inquietação frente às respostas inadequadas dos alunos. Acreditamos que essa discussão tenha sido importante para que as alunas tomassem consciência da importância do 'erro' na construção do conhecimento dos alunos e para que elas percebessem algumas habilidades importantes ao professor para que ele seja capaz de conduzir uma atividade investigativa em sala de aula (por exemplo, saber lidar com os questionamentos dos alunos).

Dando sequência a aula, a professora questionou se as alunas perceberam o papel da argumentação nas atividades investigativas. Então, ela fez um resumo das etapas apresentadas no texto para desenvolver a investigação: problematização da questão, resolução dos problemas e sistematização dos conhecimentos. Depois, a professora salientou que era preciso que o professor desse espaço para a ocorrência da argumentação antes de intervir com o discurso de autoridade¹¹. Ela reforçou que, ao utilizar uma atividade dessa natureza, o objetivo é partir de um problema para chegar a uma explicação científica e que, nesse processo, poderiam existir diferentes explicações ou explicações divergentes. Então, o discurso de autoridade e a ocorrência da explicação científica poderiam ser favorecidos pela discussão das respostas dos alunos, por um processo argumentativo. Nesse momento, Gisele disse que isso havia acontecido na atividade 'Boneco de neve', porque a professora havia aberto espaço para a argumentação entre as alunas, mas em um momento foi preciso fechar, chegar ao conhecimento científico envolvido na atividade.

Percebemos que a professora buscou estabelecer relações explícitas entre as atividades investigativas e a argumentação. Julgamos que o fato de a professora tornar explícitas essas relações pode ter contribuído para a aprendizagem das alunas sobre as estratégias favoráveis ao desenvolvimento da argumentação. Isto porque as alunas puderam perceber os momentos em que a argumentação está presente no desenvolvimento de uma atividade investigativa. Além disso, no exemplo fornecido pela aluna Gisele, observamos que ela reconheceu a relação entre argumentação, atividade investigativa e a possível ocorrência do discurso de autoridade na sistematização do conhecimento.

¹¹ Segundo Mortimer e Scott (2003), o discurso de autoridade é centrado em apenas um ponto de vista e não há discussão sobre as diferentes ideias. No caso do ensino de ciências, o discurso de autoridade está focado no ponto de vista científico.

Continuando a discussão, a professora disse que, no texto, as atividades investigativas eram apresentadas como demonstrações experimentais e como problemas não experimentais. Os problemas não experimentais seriam imagens, notícias de jornais, etc. Então, ela perguntou se as alunas imaginavam que atividades dessa natureza também seriam investigativas. Gisele disse que sim, por causa das atividades que elas haviam feito nas aulas anteriores (por exemplo, a atividade 'Boneco de neve') e questionou se a apresentação dos argumentos seria favorecida apenas pelas questões do professor. A professora disse que não e que o meio mediacional poderia favorecer a argumentação. Porém, destacou que o professor poderia ajudar nesse processo argumentativo dando suporte para o aluno construir seus argumentos, ou seja, o professor poderia dar uma explicação ou fazer um comentário que ajudasse o aluno a evoluir no desenvolvimento do raciocínio.

Nesse trecho, percebemos que a professora ressaltou uma habilidade importante ao professor na condução de atividades investigativas e para o favorecimento da argumentação (suporte ao aluno na construção dos argumentos) em sala de aula. Acreditamos que essa ação da professora pode ter contribuído para a aprendizagem das alunas sobre as habilidades necessárias ao professor para trabalhar com argumentação em sala de aula. Isto porque as alunas puderam refletir sobre as ações do professor que contribuem para o progresso do aluno na investigação (por exemplo, fornecer uma pequena explicação).

Por fim, a professora ressaltou a importância da contextualização social após a realização de uma atividade investigativa. Ou seja, após trabalhar com a investigação de um fenômeno ou conteúdo, o aluno deveria ser questionado sobre a relação do mesmo com o seu cotidiano. Ela destacou que a avaliação desse processo deveria ser coerente, avaliando o conhecimento conceitual, o atitudinal e o procedimental.

Aula 13

Na aula 13, a professora discutiu com as alunas alguns capítulos da monografia 'Atividades investigativas no ensino de eletroquímica' (J. A. D. Silva, 2000), os quais envolvem discussões sobre experimentação (por exemplo, por que inserir experimentação no ensino) e apresentam os tipos de atividades experimentais (por exemplo, atividade experimental dedutiva). A professora iniciou a discussão frisando que a problematização é muito importante na experimentação e que a motivação do aluno na investigação é um fator importante para a sua aprendizagem. Lara disse que, muitas vezes, o experimento não tem nenhuma relação

com o cotidiano do aluno e que ela havia realizado inúmeros experimentos, durante a graduação, que não contribuíram para a sua aprendizagem. Então, a professora lembrou o que havia sido discutido no texto anterior ('O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas' (Carvalho, 2013)) sobre a importância da contextualização após a atividade investigativa. Isto porque o experimento precisa fazer sentido para o aluno tanto no contexto de estudo como em um contexto mais amplo.

Continuando a discussão, a aluna Maria citou um caso, no qual ela havia feito um experimento e encontrado um resultado discrepante do esperado devido à contaminação de um dos reagentes. Então, ela disse que seu experimento havia "*dado errado*", mas que a professora que auxiliou a prática teve dificuldade em aceitar o fato porque era esperado outro resultado. Então, a professora questionou se é possível que um experimento dê errado. As alunas pareceram confusas com a pergunta. Isto motivou a explicação de que o experimento não é certo ou errado, e que o que acontece é que existe uma resposta esperada. Quando isso não acontece, as pessoas tendem a considerar que o experimento 'deu errado'. A professora destacou que a noção de certo ou errado está associada a uma visão verificacional da experimentação, o que implica em observar e comprovar na prática o conhecimento teórico. Ela ressaltou também que, ao dizer que o experimento não dá errado, ela não está afirmando que não há necessidade de seguir uma metodologia, mas que era preciso considerar o porquê de o resultado ser diferente do esperado.

Diante dessa discussão, a professora destacou a importância de o sujeito ser crítico. Ela também disse que, em uma situação na qual o resultado do experimento é discrepante, é preciso considerar a variedade de respostas possíveis frente à expectativa do sujeito, além de buscar entender o porquê da discrepância. Em seguida, ela ressaltou que quando a intenção da experimentação é apenas comprovar, ela limita o pensamento sobre outras hipóteses ou respostas. A professora frisou que o experimento mostra o comportamento do fenômeno e, portanto, ele não pode ser certo ou errado. Assim, nos casos em que os resultados não são os esperados, é importante discutir com os alunos sobre o porquê de os resultados terem sido diferentes entre os grupos ou do valor 'teórico' ou esperado.

Nessa passagem da aula, percebemos que a professora chamou atenção das alunas para o fato de os resultados experimentais não serem 'errados' mas diferentes dos esperados, assim como para a importância da discussão sobre as possíveis causas dos resultados inesperados. Julgamos que ao chamar a atenção das alunas, a professora pode ter favorecido o

desenvolvimento das habilidades das mesmas para trabalhar com atividades investigativas. Isto porque elas podem ter tomado consciência de que na experimentação os resultados podem ser divergentes do esperado e que, portanto, o professor precisa discutir com os alunos as possibilidades das múltiplas interpretações ou sobre o que pode ter ocasionado à discrepância dos resultados.

Ao final da aula, a professora informou que elas continuariam a discutir esse texto na aula seguinte.

Aula 14

Na aula 14, a professora discutiu com as alunas sobre os tipos de atividades experimentais. Iniciando a discussão, a professora comentou sobre as atividades verificacionais dizendo que esse tipo de prática não favorece a participação dos estudantes, que seu uso contribui apenas para o reforço do conteúdo ensinado em aulas teóricas e que, em geral, apresenta uma dicotomia entre teoria e prática. Dando sequência à discussão sobre os tipos de atividades, a professora disse que a atividade do tipo ilustrativa era usada, em geral, com o objetivo de ilustrar o conteúdo. Depois ela disse que o outro tipo de atividade era a indutiva por descoberta e explicou que o raciocínio indutivo se relaciona à generalização de uma conclusão a partir da observação dos dados. A professora ponderou que esse tipo de atividade é mais adequado do que as anteriores, mas que, mesmo assim, é diferente de uma atividade investigativa. Ela ainda destacou que esse tipo de atividade é mais adequado para os casos no quais a generalização é válida para todos os contextos. Nesse momento, a professora perguntou se as alunas concordavam que a atividade investigativa era mais ampla do que esse tipo de prática. As alunas disseram que sim. Então, ela ressaltou que essa atividade era limitada ao objetivo da descoberta, enquanto a investigativa exigia que o sujeito pensasse sobre o que estava acontecendo, sobre as justificativas e explicações para o fenômeno e, por isso, ela favorece mais a discussão em sala de aula.

Na sequência, a professora disse que as atividades dedutivas seriam o contrário das atividades indutivas, pois na indutiva o sujeito analisa as partes e propõe uma explicação geral. Em contrapartida, na dedutiva o sujeito conhece o princípio geral e aplica o raciocínio para a parte. Outro tipo de atividade destacado pela professora foi a do tipo desenvolvimento de habilidade prática. Essa atividade envolve o trabalho com titulações, equipamentos de medição de pH e suas calibrações, entre outros. Ou seja, ela está relacionada ao treinamento

de habilidades mecânicas ou práticas para execução. Por fim, a professora discutiu com as alunas as atividades práticas do tipo investigativas. Ela explicou que atividades desse tipo consistem em propor um problema para o aluno – o qual deve ser investigado por ele – e que essa prática possui um grau de abertura maior para o aluno realizar várias etapas do processo, ou seja, permite que o aluno participe ativamente do processo de aprendizagem.

Nesse trecho percebemos que, ao contrapor os tipos de atividades experimentais, a professora ressaltou a potencialidade das atividades investigativas para a ocorrência de discussão em sala de aula. Acreditamos que, ao fazer isso, ela pode ter reforçado implicitamente a conscientização das alunas sobre as contribuições desse tipo de estratégia instrucional para favorecer a criação de um ambiente argumentativo em sala de aula pois, embora a professora não tenha feito nesse momento uma menção explícita à possibilidade de as atividades investigativas contribuírem para a argumentação, ela havia feito isso em aulas anteriores. Então, o fato de ela apontar limitações nos outros tipos de atividades pode ter contribuído, indiretamente, para o reconhecimento da adequação das atividades investigativas frente ao objetivo de favorecer argumentação.

No final da aula, a professora informou às alunas que, na próxima semana, elas iriam produzir uma atividade investigativa a partir de uma atividade verificacional. Para tanto, cada dupla, receberia um roteiro de um experimento verificacional e teria que transformá-lo em investigativo. Cada dupla trabalharia com um deles, sendo que o roteiro sobre reações químicas (Anexo 8) e o roteiro sobre equilíbrio químico (Anexo 9) deveriam ser transformados em uma atividade investigativa para alunos do ensino médio, enquanto o roteiro sobre cinética química (Anexo 10) deveria ser adaptado para o ensino superior. A professora informou que era preciso utilizar o mesmo experimento, mas o restante poderia ser alterado.

Aula 15

Nas aulas anteriores¹² as alunas discutiram, em duplas, quais seriam as alterações feitas nos roteiros das atividades verificacionais para que eles se tornassem investigativos. Na aula 15, elas apresentaram a sua proposta para as atividades experimentais investigativas.

¹² Entre a aula 14 e 15 houve uma semana de aulas dedicada à confecção das atividades investigativas. Essas aulas não foram registradas devido à limitação de equipamento (apenas uma filmadora foi utilizada) e, por isso não são descritas no estudo de caso.

A dupla Letícia e Maria, que havia trabalhado como o roteiro sobre equilíbrio químico (Anexo 8), foi a primeira a apresentar sua proposta (Anexo 11). Inicialmente, a dupla apontou alguns pontos do experimento original que elas não julgavam adequados, pois não favoreciam a investigação por parte do aluno. Elas apontaram como limitação do roteiro original os fatos de: a introdução abordar todos os aspectos envolvidos no experimento, o roteiro informar que seria estudado o estado de equilíbrio de sistemas químicos e que seria verificado experimentalmente o princípio de Le Chatelier, e os exercícios envolverem respostas diretas e não favorecerem o processo de elaboração do aluno. A dupla comentou, ainda, que o roteiro original apresentava dois experimentos, um sobre o efeito do íon comum e o outro sobre o efeito da temperatura, mas que, na reformulação, elas excluíram o segundo experimento porque o objetivo da nova atividade experimental era discutir apenas a reversibilidade de uma reação química. Elas comentaram, também, que retiraram as questões, pois acreditavam que elas não contribuíam para a aprendizagem do aluno.

Na sequência, Maria destacou que a nova introdução tinha um caráter amplo e não abordava o objetivo da atividade. Depois, ela descreveu e explicou como ficou a proposição do novo procedimento. Na primeira questão, era solicitado ao aluno que colocasse em um tubo de ensaio cerca de 20 gotas de cromato de potássio (K_2CrO_4) e anotasse a sua observação (pois o aluno iria trabalhar com as evidências depois). Na segunda questão, o aluno deveria adicionar 10 gotas de ácido clorídrico (HCl) e observar o que aconteceu. Depois, ele deveria adicionar mais 10 gotas de HCl e observar novamente. Maria explicou que o HCl era o responsável pelo deslocamento do equilíbrio e que esses dois momentos eram importantes porque o aluno poderia observar que caso a concentração de HCl fosse baixa, a formação do íon dicromato ($Cr_2O_7^{2-}$) não seria favorecida.

Maria continuou a explicar o procedimento e disse que, na sequência, seria realizado o mesmo procedimento, porém com adição de solução de hidróxido de sódio (NaOH). Com a adição de NaOH, outro reagente, haveria a formação do íon cromato (CrO_4^{2-}). Ela destacou que no novo roteiro era solicitado que o primeiro sistema não fosse descartado, pois ele seria utilizado na etapa seguinte. Letícia ressaltou que o aluno poderia repetir o experimento quantas vezes ele julgasse necessário, e que isso seria importante para que ele percebesse a reversibilidade da reação. Nesse momento, a professora comentou que era importante o aluno perceber que a acidez ou basicidade do meio interferia na cor, mas que ele poderia achar que em um momento tem a espécie laranja e no outro a amarela sem concluir que elas

coexistem no sistema. Assim, a ideia de coexistência precisaria ser trabalhada ao longo do experimento.

Na sequência, Maria descreveu e explicou as questões relacionadas à etapa de discussão da atividade. Primeiramente, elas optaram por informar, no roteiro, que a solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) apresenta coloração laranja, pois sem essa informação seria difícil para o aluno associar a cor ao composto. Nesse momento, Maria leu a primeira questão proposta ('Analisando a coloração do sistema após a adição da solução de HCl, o que você acha que ocorreu?') e explicou que o objetivo era que o aluno explicasse o que ele achava que havia ocorrido. Na questão seguinte ('Represente, através de modelos, o sistema da letra a durante a variação de cor.'), o aluno deveria expressar a sua concepção através de modelos pois, dessa forma, elas poderiam analisar se eles concebiam o equilíbrio como um pêndulo, ou seja, ora tem uma coisa ora tem outra. Ela destacou que além da representação do modelo, era solicitado que o aluno apresentasse a equação química do fenômeno proposto. Ela também informou que as mesmas questões foram feitas para o sistema com adição de NaOH.

Continuando a apresentação, Letícia informou que a segunda etapa da atividade (parte B) seria apresentada aos alunos em uma folha separada da parte A e que o objetivo da parte B era conduzir os alunos a perceber que no tubo de ensaio havia as duas substâncias: cromato e dicromato de potássio. Explicando o procedimento, ela disse que seriam usados dois tubos de ensaio. Em um tubo haveria apenas dicromato de potássio (tubo 1) e no outro tubo (tubo 2) haveria dicromato de potássio e HCl. O aluno deveria acrescentar nitrato de chumbo ($Pb(NO_3)_2$) nos dois tubos, observar que ambos iriam formar precipitados e que, no tubo 1, haveria maior formação de precipitado do que no tubo 2. Após explicar o procedimento, Letícia fez a leitura da questão de discussão dos resultados ('Sabendo-se que a solução de $Pb(NO_3)_2$ na presença de Cr^{+2} forma $PbCrO_4$, um precipitado branco, responda: a) O que você pode dizer em relação à formação do precipitado no tubo B?'). Maria explicou que essa questão poderia favorecer que os alunos percebessem que há presença do íon cromato e, a partir daí, eles poderiam inferir que as duas substâncias coexistem. Gisele destacou que na discussão, além da informação fornecida na questão, a dupla deveria acrescentar que o nitrato de chumbo não reage com o íon dicromato formando precipitado. Maria disse que no final da atividade elas solicitavam que os alunos representassem, através de modelos, o que eles observaram na etapa B e que, nesse caso, seria esperado um modelo que expressasse a coexistência das substâncias. Por fim, elas solicitavam que os alunos analisassem, com base

nas novas observações, a equação proposta na etapa A e a reformulassem, caso fosse necessário. Letícia reforçou que o objetivo dessa questão era que os alunos chegassem à proposição de setas duplas na equação.

Após a apresentação da dupla Letícia e Maria, a professora e as alunas discutiram sobre algumas concepções dos alunos sobre o conteúdo de equilíbrio químico (por exemplo: não reconhecer a reversibilidade da reação) e sobre o fato de que apenas o aluno realizar o experimento não é suficiente para que ele mude a sua explicação. Letícia comentou que, ao realizar essa atividade, ela percebeu que a experimentação precisa ser feita por etapas e as questões devem ajudar os alunos a organizar suas ideias.

Continuando a aula, a dupla Lara e Rafaela apresentou a reformulação do experimento sobre reações químicas (Anexo 12), cujo objetivo original era verificar as classificações das reações químicas (por exemplo, realizar uma reação de decomposição). Rafaela começou a apresentação informando que elas optaram por retirar a introdução que era apresentada no roteiro original e, também, por retirar os títulos dos procedimentos que acabavam classificando as reações. Lara explicou que elas retiraram as classificações das reações químicas porque elas consideravam que essas definições não eram importantes para a construção do conhecimento do aluno. Na sequência, Rafaela disse que o objetivo do novo roteiro era que os alunos trabalhassem com as evidências de transformações químicas e que eles conseguissem representar as reações por meio de equações.

Na sequência, Rafaela leu o procedimento e a primeira questão da atividade ('Em um tubo de ensaio, adicione uma ponta de uma espátula da mistura de cloreto de potássio ($KClO_3$) e bióxido de manganês (MnO_2). Aproxime um palito de fósforo em brasa na borda do tubo de ensaio e observe. Anote suas observações.'). Ela explicou que, nesse momento, o objetivo era que os alunos observassem o que estava acontecendo porque, em geral, as observações são feitas apenas após ocorrer reação química. Lara explicou que na segunda questão ('Com o auxílio de uma pinça de madeira, segure o tubo de ensaio e aqueça-o a chama do bico de Bunsen. Aguarde um pouco. Em seguida, aproxime um palito de fósforo em brasa, na borda do tubo de ensaio. Anote suas observações.'). o aluno também deveria anotar suas observações que, nesse caso, se relacionariam basicamente ao fato de o palito em brasa acender quando aproximado do tubo de ensaio. Ela também explicou que na última questão desse procedimento ('Sabe-se que para essa transformação química o MnO_2 é usado como catalisador. Com base nas suas observações, represente a equação química para essa

transformação.) era informado ao aluno que o bióxido de manganês era utilizado como catalizador da reação e que essa era uma informação importante para que ele conseguisse montar a equação. A professora ressaltou que com a evidência de produção de oxigênio (o palito em brasa acende ao ser aproximado) e a informação sobre o catalisador, o aluno seria capaz de concluir que houve uma decomposição e montar a equação.

Continuando a apresentação, Lara destacou que os procedimentos 1 a 4 não eram dependentes, pois cada procedimento tratava de um tipo de reação e, portanto, o professor poderia utilizá-los em momentos diferentes. Na sequência, Rafaela comentou que as questões relacionadas ao procedimento 2 tinham os mesmos objetivos das questões do procedimento 1. Sobre o procedimento 3, ela explicou que o aluno iria observar a formação de um gás e do hidróxido de sódio (NaOH) e que ele deveria apresentar quais observações considerava como evidências de transformação química. Nesse momento, Lara explicou que em uma das questões propostas ('No procedimento III, ao aproximar o palito em brasa na borda do tubo observou-se a formação de chama, ocasionada pela presença do gás O₂ formado no interior do tubo. Nesta transformação algo semelhante acontece ao aproximarmos o palito de fósforo na borda do tubo, mas há uma diferença ao compararmos com o procedimento I. Qual é esta diferença?'), o aluno poderia perceber que no procedimento 3 há formação de um gás diferente do gás formado no procedimento 1, pois ao aproximar o palito em brasa do gás, a chama formada é diferente. Ela também destacou que, em outra questão, elas haviam informado o papel da fenolftaleína para que o aluno pudesse montar a equação química.

Nesse momento, a professora ressaltou que além de perguntar sobre a diferença da chama formada nos dois procedimentos, a dupla deveria introduzir uma questão que levasse os alunos a relacionar a diferença das evidências com a produção de diferentes gases. Por fim, Lara explicou que elas haviam dividido o procedimento 4 para facilitar o raciocínio dos alunos; que elas haviam solicitado que eles montassem as equações das reações que ocorriam em cada etapa; e, também, que elas forneciam a informação sobre o precipitado formado para auxiliar os alunos na construção da equação química. Lara informou que a última questão ('A partir das atividades realizadas, como podemos caracterizar uma transformação química? Quais são as evidências?') foi adicionada para que os alunos pudessem concluir quais são as evidências de uma reação química.

A última dupla a apresentar foi Isis e Gisele. As alunas propuseram uma reformulação para o roteiro sobre cinética química (Anexo 13). Gisele começou a explicar a reformulação do

roteiro dizendo que inicialmente era solicitado que os alunos fizessem cinco soluções de iodato de potássio de diferentes concentrações a partir de uma solução desta mesma substância de concentração 0,02 mol/L. Isto levaria o aluno a pensar em como ele deveria realizar as diluições, uma vez que a solução de concentração máxima seria a de 0,02 mol/L. Depois, elas solicitavam que o aluno explicasse o que essas concentrações significavam em termos das quantidades de iodato de potássio, pois era importante que o aluno entendesse que as quantidades da substância eram diferentes para que eles pudessem entender a diferença nas velocidades das reações.

Na continuação da explicação da atividade, Gisele chamou atenção para o fato de que, no novo roteiro, as concentrações de iodato de potássio e de bissulfito de sódio (NaHSO_3^-) estavam em unidades diferentes e que os alunos deveriam se atentar a isso durante o experimento. Depois, ela leu a questão ('Elabore modelos que representem os sistemas em cada situação. Considere que a reação entre o iodato (IO_3^-) e o bissulfito (HSO_3^-) pode ser representada por: $\text{IO}_3^- + 5\text{HSO}_3^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + 5\text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$ ') e explicou que essa questão poderia favorecer a discussão em grupos e a argumentação em sala de aula. Isto porque, durante a socialização dos modelos produzidos, os alunos poderiam se envolver em um processo argumentativo. Na sequência, Gisele disse que a questão seguinte ('Explique a partir desses modelos o que ocorreu.') solicitava que os alunos explicassem o que havia acontecido nos tubos de ensaio através de seus modelos. Ela também disse que elas haviam solicitado que os alunos fizessem um gráfico manual da concentração de íon iodato versus tempo da reação, pois elas imaginavam que isso ajudaria o aluno a desenvolver noções de escala, transposição de dados da tabela para o gráfico e relação entre os eixos. Após a construção do gráfico, o aluno deveria explicar se ele era coerente com os outros dados coletados.

Em seguida, Gisele disse que a prática original (Anexo 10) avaliava o efeito da concentração e da temperatura na velocidade da reação, mas que elas optaram por separar esses tópicos em duas práticas porque consideravam muita informação para apenas uma prática. Apresentando o novo roteiro para o efeito da temperatura, a aluna comentou que elas haviam deixado em aberto a opção sobre a montagem do experimento porque haviam pensado que o professor poderia apresentar algumas opções de montagem e os alunos deveriam escolher e justificar a sua escolha. Ela destacou que haviam pensado nisso por causa das discussões sobre atividades investigativas ocorridas em aulas anteriores, nas quais era salientado o papel da ação manipulativa na investigação (Carvalho, 2013). Após esse

momento, Gisele comentou que como cada grupo faria o experimento a uma temperatura, elas pensaram que seria interessante que os alunos fizessem o procedimento na temperatura ambiente pois, dessa forma, cada grupo teria no mínimo dois dados para comparar. Ela salientou que além de solicitar o que ocorreu nos sistemas, elas solicitavam que o aluno justificasse porque foi preciso esperar 5 minutos entre cada procedimento, e o que aconteceria se ele não aguardasse esse tempo. A justificativa para isso foi a de que elas julgavam importante que o aluno percebesse o estabelecimento do equilíbrio térmico, pois isso possibilitaria relacionar a temperatura aos resultados de forma confiável. Por fim, ela informou que era solicitado que os alunos anotassem os dados dos outros grupos para que eles testassem seus modelos frente aos novos dados.

Nessa aula, as alunas apresentaram suas propostas de materiais instrucionais baseadas na abordagem investigativa. Vale destacar que a professora não havia solicitado explicitamente que as alunas envolvessem argumentação na proposta de experimentos investigativos. Entretanto, observamos que todas as alunas buscaram trabalhar com a coleta de dados e análise das evidências durante as questões propostas no roteiro experimental. Por exemplo, Letícia e Maria acrescentaram o procedimento de adicionar nitrato de prata em um tubo contendo dicromato de potássio (que resulta na reação do nitrato de prata com o íon cromato formando precipitado) para evidenciar a coexistência das duas substâncias no estado de equilíbrio: cromato de potássio e dicromato de potássio. Além disso, notamos que a dupla Gisele e Isis destacou explicitamente que a discussão sobre a proposição dos modelos poderia favorecer a ocorrência de argumentação. Acreditamos que, ao propor um material instrucional para experimentação na abordagem investigativa, as alunas manifestaram implícita ou explicitamente, conhecimento sobre materiais instrucionais que podem contribuir para a criação do ambiente argumentativo em sala de aula e, também, conhecimento sobre o uso das evidências na construção de conclusões.

Ao final da aula, a professora comentou que na aula seguinte (aula 16) elas discutiriam os textos 'Reações dos estudantes frente a dados inesperados' (M. V. D. Silva, 2010), no qual o autor discute sobre a postura dos estudantes diante dos dados anômalos e, 'Experimentação e argumentação no ensino de química' produzido por ela a partir de várias leituras sobre o tema experimentação e argumentação. Ela informou também que seus principais objetivos eram mostrar a importância da argumentação e da experimentação em relação aos objetivos do

ensino de ciências, e relacionar a argumentação e a experimentação com a formação de professores.

Aula 16

Na aula 16, a professora discutiu com as alunas os textos ‘Experimentação e argumentação no ensino de química’ e ‘Reações dos estudantes frente a dados inesperados’ (M. V. D. Silva, 2010). Primeiramente, a professora informou às alunas que essa seria a última aula do semestre destinada a discussão de textos. Isso porque, nos próximos encontros, elas deveriam discutir sobre o planejamento das aulas simuladas. Para o planejamento final, as alunas deveriam propor uma atividade experimental envolvendo o uso da argumentação e de atividades investigativas. A professora informou, também, que ela iria convidar outros alunos para participar dessa aula simulada, pois isso poderia contribuir para a simulação da mesma. Além disso, ela comentou que a aluna Maria não iria participar mais das aulas, pois ela precisaria se ausentar.

Dando início à discussão do texto ‘Experimentação e argumentação no ensino de química’ de autoria da professora, a professora ressaltou que o experimento demonstrativo poderia favorecer a argumentação, ao contrário, dos experimentos verificacionais tradicionais e, ainda, que o fato de o aluno justificar ou explicar não implica em um momento argumentativo. Ela destacou que a argumentação acontece quando os alunos não conhecem a resposta do problema, ou seja, quando a conclusão está em aberto para eles, uma vez que o ato de argumentar envolve o pensamento sobre várias teorias alternativas e sobre os vários pontos de vistas e plausibilidade das conclusões. Sendo assim, os experimentos verificacionais (nos quais a conclusão é informada aos alunos) não favorecem a argumentação. Por outro lado, atividades investigativas, nas quais a conclusão está em aberto para o aluno, oportunizam a argumentação do mesmo, pois ele precisa trabalhar com as evidências, justificar etc., durante a formulação de sua conclusão. Nesse momento, Lara disse que não havia pensado que uma atividade experimental poderia favorecer a argumentação, pois a sua concepção de experimentação estava relacionada a uma atividade fechada, na qual o aluno deveria atingir a conclusão; caso contrário, “*o experimento teria dado errado*”.

Diante da fala da Lara, a professora disse que o segundo texto, ‘Reações dos estudantes frente a dados inesperados’, tratava justamente da questão do erro associada à experimentação. Ela disse que nos casos em que o experimento ‘dá errado’ por não ter

atingido à conclusão esperada, não há espaço para a argumentação, para discussão sobre o ‘erro’ e sobre os pontos de vista diferentes. A professora ressaltou que a argumentação está relacionada e é importante quando os conceitos científicos são discutidos (por exemplo, quais evidências dão suporte ou não a uma teoria). Rafaela disse que, até começar as discussões na disciplina, ela não havia considerado essa relação, mas que, após as discussões, ela percebia que o mais importante era a forma como é feita a discussão da atividade, e que é isso que faz diferença para o aluno e contribui para a sua aprendizagem.

Nessa passagem da aula, percebemos que a professora apresentou características essenciais às atividades investigativas (por exemplo, o fato de a conclusão estar em aberto para o aluno) para que estas possam contribuir para a criação de um ambiente argumentativo em sala de aula. Acreditamos que, ao fazer isso, a professora pode ter contribuído para a aprendizagem das alunas porque essas considerações podem favorecer a reflexão das mesmas sobre o fato de que nem toda atividade experimental oportuniza a ocorrência de argumentação. Nesse sentido, as falas das alunas Lara e Rafaela sobre o reconhecimento das relações entre experimentação e argumentação respaldam a nossa crença. Além disso, julgamos que o fato de a professora chamar atenção para a importância de se discutir os dados discrepantes com os alunos pode contribuir para o desenvolvimento das habilidades necessárias ao professor para trabalhar com argumentação. Isto porque o professor precisa estar ciente de que os alunos podem obter resultados inesperados da experimentação e de que ele deve trabalhá-los de forma adequada, ou seja, discutir com os alunos o porquê dos seus resultados serem diferentes do esperado ou diferente dos de outros colegas.

Continuando a discussão do texto, a professora fez a leitura do primeiro ponto que relaciona argumentação e experimentação:

“A argumentação só faz sentido quando se pensa em atividades experimentais com caráter mais aberto à participação do estudante. Parece inadequado pensar na existência de argumentação quando as atividades experimentais tem o caráter comprobatório de teorias, pois se perde a essência da argumentação na ciência, que é justamente perceber porque determinados modelos são mais adequados do que outros em determinados contextos.”

Após a leitura, a professora destacou que é possível perceber a relação da argumentação, dos modelos, dos experimentos e das evidências na ciência. Então, ela explicou que a experimentação seria quando o sujeito tem contato com o fenômeno; que no experimento há coleta de dados empíricos e que esses podem ter caráter de evidências em um

argumento; e que o sujeito conecta os dados à conclusão por meio da justificativa. Na sequência, a professora mencionou que o modelo pode ser parte da explicação, pois o modelo é criado para explicar e, ainda, que a defesa sobre a validade do modelo envolve um processo argumentativo. Finalizando a explicação sobre as relações presentes na ciência, a professora destacou que essas relações podem ser percebidas no uso da experimentação, na produção de modelos, na argumentação em torno desses modelos, na consideração dos dados experimentais nos argumentos, na persuasão de uma audiência sobre a validade do conhecimento que é gerado etc. Ou seja, a professora chamou atenção para a importância do envolvimento em práticas como experimentação, argumentação e modelagem no ensino de ciências, uma vez que as mesmas fazem parte da ciência.

Nessa passagem da aula, percebemos que a professora salientou as relações entre a modelagem, argumentação e experimentação na ciência. Acreditamos que o fato de a professora chamar atenção das alunas nesse momento para as relações dos conteúdos discutidos ao longo desta e de outras disciplinas com a prática científica pode ter contribuído para o entendimento delas sobre *como* favorecer um ensino autêntico de ciências ou o ensino sobre ciências. Isto porque as alunas discutiram e elaboraram atividades sobre cada uma dessas práticas separadamente e, por isso, elas poderiam ainda não ter estabelecido as relações entre as práticas, ou mesmo tomado consciência de que utilizá-las contribui para ensinar ciências de forma autêntica.

Na sequência, a professora leu outro trecho do texto:

“Pedir para que os estudantes utilizem dados coletados em experimentos na sustentação de suas hipóteses e modelos é algo muito adequado porque, geralmente, eles tendem a pensar que os dados falam por si só. Então, ressaltar que argumentos devem ser compostos por dados e justificativas é essencial para que os estudantes articulem os níveis do conhecimento químico e entendam as conclusões obtidas a partir do experimento. Tais aspectos são importantes não apenas nas discussões orais promovidas pelo professor com a turma, mas na produção de relatos escritos produzidos pelos estudantes.”

A professora comentou que a argumentação escrita é importante para o aluno aprender a articular os dados à conclusão e que essa apresenta um grau de complexidade diferente da argumentação oral. Considerando a fala da professora, acreditamos que ela possa ter favorecido a aprendizagem das alunas sobre materiais instrucionais que contribuem para o desenvolvimento da argumentação uma vez que chamou atenção para a necessidade de os

alunos terem momentos para construir argumentos escritos durante as atividades. Isso justificaria os materiais propostos oportunizarem a escrita dos argumentos.

A professora leu mais um trecho do texto:

“Trabalhar com uma visão de experimentação menos ingênua, por exemplo, não meramente comprobatória de teorias e que visa derrubar crenças anteriores do sujeito de forma fácil, simplesmente pela constatação experimental (...) e que conjuguem espaço para a argumentação favorece sobremaneira uma visão mais autêntica sobre ciência dos estudantes.”

Assim, a professora reforçou que se o professor trabalha com os alunos uma atividade experimental que envolve argumentação, proposição de modelos e proposição de explicações, ele está praticamente trabalhando com a ciência autêntica em classe. Neste caso, além de entender o conhecimento envolvido, o aluno teria a oportunidade de vivenciar tais práticas científicas.

Por fim, a professora discutiu com as alunas as categorias referentes ao tratamento de dados anômalos apresentadas no texto ‘Reações dos estudantes frente a dados inesperados’ (por exemplo, rejeição dos dados) e destacou que é importante discutir sobre os dados anômalos e relacionar isso com a ética na ciência. Isto se justificaria pela necessidade de o aluno desenvolver uma visão crítica sobre o que lhe é apresentado, uma vez que ele lida com várias notícias e informações em seu cotidiano que podem estar enviesadas (situação em que seria preciso que ele tivesse uma postura crítica).

Apresentação das aulas simuladas

Entre as aulas 16 e 17, houve um período de duas semanas no qual as aulas se dedicaram aos planejamentos das aulas simuladas finais. Nessas aulas, as alunas discutiam, em duplas e com as professora, sobre a confecção das propostas. De acordo com a exigência da professora, o objetivo das aulas simuladas finais deveria ser o ensino de um conteúdo químico pautado em argumentação, experimentação e atividade investigativa. Isto porque, nas primeiras aulas simuladas, as alunas não envolveram explicitamente um conteúdo químico em suas propostas. Devido à limitação de equipamento, não possível registrar a discussão das duplas durante o planejamento e, por isso, apresentamos apenas o relato das aulas simuladas das alunas.

Aula 17 - Aula simulada da aluna Gisele

Na aula 17, a aluna Gisele apresentou uma aula simulada para introduzir a propriedade coligativa ebulioscopia (Anexo 14). Primeiramente, ela informou aos participantes que eles deveriam representar alunos do segundo ano do ensino médio, os quais teriam conhecimentos sobre os seguintes pré-requisitos: pressão de vapor, mudança de estado físico da matéria e pressão atmosférica. A aluna solicitou que os participantes da aula considerassem os pré-requisitos durante a elaboração das respostas.

Iniciando a aula, Gisele entregou o roteiro da atividade aos alunos (Anexo 14) e, disse que, nessa aula, eles iriam preparar um café seguindo uma receita que ela havia colocado na atividade. Então, ela pediu que cada aluno lesse a receita e pensasse no que estaria acontecendo com todas as partículas das substâncias envolvidas nas etapas de preparo do café. Depois solicitou que os alunos criassem modelos para explicar as etapas de preparação do café.

Após a discussão entre os grupos, Gisele convidou os alunos a preparar o café, pedindo a eles que observassem e anotassem o que estava acontecendo durante o preparo. Dando início ao preparo do café, ela colocou uma quantidade de água em um recipiente e usou um aquecedor para aquecê-la. Após alguns minutos, ela perguntou o que os alunos estavam observando. Um aluno disse que a água estava soltando bolhas. Ao ser questionado por Gisele sobre o que significaria essas bolhas, o aluno disse que seria liberação de gás.

Os alunos continuaram observando a água, até que a mesma começou a ferver. Nesse momento, Gisele adicionou o açúcar e pediu que os alunos relatassem suas observações. Um aluno que estava mais próximo do recipiente, disse que a água havia parado de ferver quando o açúcar foi adicionado. Outro aluno solicitou que Gisele adicionasse um pouco mais de açúcar, pois ele não havia conseguido observar. Acatando o pedido, ela adicionou mais um pouco de açúcar e, depois, pediu que os alunos notassem as observações referentes à adição das duas porções de açúcar.

Continuando o preparo do café, Gisele adicionou pó de café à água fervente. Nesse momento, a mistura de água, café e açúcar, transbordou do recipiente. Na sequência, ela coou o café utilizando filtro de papel. Após o preparo do café, Gisele explicou as questões apresentadas na atividade dizendo aos alunos que eles deveriam: justificar todas as

observações feitas durante o preparo do café (por exemplo, a de que ao se adicionar o açúcar à água, a fervura cessou por alguns segundos); justificar se o primeiro modelo que eles haviam proposto era suficiente para explicar as novas observações; e, em caso contrário, propor um novo modelo para explicar o preparo do café.

Após a discussão nos grupos, Gisele pediu que um integrante de cada grupo fosse ao quadro e desenhasse o modelo que havia sido proposto para explicar as etapas de preparação do café. Na sequência, ela solicitou que os três grupos dissessem como haviam justificado as observações. O primeiro grupo a ser questionado, disse que a água havia entrado em ebulição porque o ebulidor transferiu calor para a água e fez com que a temperatura aumentasse. O segundo grupo justificou dizendo que a água entrou em ebulição porque havia uma movimentação entre as moléculas. O terceiro grupo disse que havia observado a formação de bolhas a partir do momento em que o ebulidor entrou em contato com água e que isso aconteceu porque algumas moléculas atingiam a temperatura de ebulição antes de outras. Diante da observação do terceiro grupo, a aluna Gisele disse que ela havia ligado o ebulidor após a sua imersão na água e perguntou, novamente, como eles justificariam a observação de que a água havia entrado em ebulição. Então, o grupo disse que a água havia entrado em ebulição porque o ebulidor esquentou a mesma até a temperatura de ebulição.

Na sequência, Gisele explicou que para uma solução entrar em ebulição, a pressão de vapor da substância teria que se igualar à pressão atmosférica, e que a água entrou em ebulição porque houve transferência de energia do ebulidor para ela na forma de calor. Portanto, a energia das moléculas aumentou e a pressão de vapor gerada por essas moléculas que entram no estado de vapor aumentou atingindo a pressão atmosférica, o que fez com que a água entrasse em ebulição. Nesse momento, Gisele ressaltou que essa explicação deveria ser parte dos conhecimentos prévios que os alunos deveriam ter.

Nessa passagem da aula, percebemos que embora Gisele tenha solicitado que os alunos apresentassem suas justificativas para a observação de que a água tinha entrado em ebulição, ela não trabalhou as ideias dos alunos antes de intervir (usando um discurso de autoridade). Acreditamos que a aluna não havia pensado que esse momento de apresentação poderia favorecer a ocorrência da argumentação porque, durante o planejamento da aula simulada, ela relatou à pesquisadora que acreditava que a argumentação seria favorecida durante a discussão dos modelos propostos pelos alunos. É preciso considerar, também, que o fato de a aluna ter um tempo determinado para finalizar a aula pode ter contribuído para a

falta de estímulo às discussões. Além disso, observamos que diante da resposta inicial do grupo 3 (formação de bolhas a partir do momento em que o ebulidor entra em contato com água), Gisele apresentou uma evidência (o ebulidor foi ligado após a sua imersão na água) que foi suficiente para refutar a ideia do grupo.

Continuando a discussão sobre as observações, Gisele questionou como os alunos haviam justificado a segunda observação. Os alunos disseram que a segunda coisa que eles observaram foi que, ao adicionar o açúcar, cessou a ebulição da água. Um dos grupos defendeu a ideia de que o açúcar impedia que mais moléculas de água passassem para a fase gasosa. Gisele questionou se os alunos estavam se referindo a uma barreira física ao dizer que o açúcar impedia a passagem das moléculas de água. Nesse momento, a aluna Isis, membro de outro grupo, disse que ao adicionar o açúcar ele vai para o fundo, e que, portanto, não formaria essa barreira. Então, o aluno Lucas disse que o açúcar atrapalharia a interação entre as moléculas de água. Outra aluna, Brena, disse que como o açúcar estava numa temperatura menor do que a da água, ele “roubava” o calor da água e por isso ela parava de ferver. Gisele continuou a questionar sobre as explicações para essa observação. Isis disse que o grupo dela havia justificado que o açúcar interagia com as moléculas de água e que isso fazia com que houvesse menos moléculas de água disponíveis para entrar no estado de vapor.

Considerando as múltiplas ideias apresentadas pelos alunos, Gisele sugeriu que eles discutissem cada uma delas. Inicialmente, ela retomou a ideia de que o açúcar formaria uma barreira que impediria a passagem da água para o estado vapor. Os componentes do grupo explicaram que a barreira estaria relacionada às interações entre o açúcar e a água, e que o açúcar atrapalharia as interações entre as moléculas de água, porque dificultava o choque entre elas. Nesse momento, Gisele frisou que todas as explicações envolviam o conceito de interações e perguntou o que os alunos estavam entendendo sobre as interações. Lara disse que interação seria quando a molécula de água engloba as moléculas de açúcar. Gisele destacou que, inicialmente, havia apenas interação entre moléculas de água, e que depois passou a existir a interação entre as moléculas de água e açúcar.

Nessa discussão sobre a segunda observação feita pelos alunos, observamos que a aluna Gisele não discutiu com os alunos as concepções que eles apresentavam sobre o fenômeno (por exemplo, a ideia de que interação significa uma molécula englobar outra). Nesse caso, não observamos Gisele apresentar refutações aos argumentos dos alunos ou discutir as evidências que eles estavam usando na construção de seus argumentos. Além disso,

percebemos que, ao trabalhar com a evidência de que o açúcar fica no fundo do recipiente, a aluna Isis apresentou uma refutação ao argumento sobre a existência de uma barreira física formada pelo açúcar.

Gisele questionou qual era a próxima observação e os alunos lembraram que era a de que a água havia voltado a entrar em ebulição. A aluna Letícia explicou que, com o aumento da temperatura, a energia cinética das moléculas aumentou e, então, diminui a interação entre elas, o que resultou em a água conseguir passar para o estado gasoso. Gisele completou a justificativa da aluna dizendo que isso acontecia porque o sistema continuou a receber energia. Ela destacou, ainda, que a água entrou em ebulição novamente porque as moléculas atingiram uma energia suficiente para exercer uma pressão de vapor maior do que a pressão atmosférica.

Gisele passou, então, à discussão da próxima observação anotada: a de que o café (sistema água, açúcar e pó de café) entrou em ebulição e entornou. Ela disse que não conseguia explicar o porquê de o café ter entornado. Nesse momento, todos discutiram sobre o que poderia ter acontecido ao adicionar o pó de café ao sistema. A aluna Júlia disse que isso poderia ter acontecido porque nem todos os componentes do pó de café se solubilizaram em água. A aluna Bárbara disse que o seu grupo havia pensado que a projeção do café poderia ter ocorrido porque algumas partículas do café possuíam diâmetro grande e por isso não se solubilizaram em água. Dessa forma, *“quando as moléculas de água entraram em ebulição (sic), elas empurraram essas partículas para cima”*.

Nesse trecho da aula, percebemos que Gisele não conseguiu trabalhar com os alunos as possíveis explicações para o resultado inesperado (a mistura água, pó de café e açúcar transbordar). Esse fato reforça uma fala da professora da disciplina durante as discussões sobre atividades investigativas, que ressalta a dificuldade dos professores em trabalhar com os dados inesperados e identifica as habilidades necessárias para que o professor possa trabalhar com esse tipo de situação. Reconhecemos que o fato de a aluna estar passando por uma avaliação e ter que cumprir o planejamento da aula em um tempo determinado pode ter gerado um impacto emocional e ter afetado a sua postura como mediadora do processo investigativo. Entretanto, não podemos afirmar que ela agiria diferente em outra situação.

Na sequência, Gisele pediu que as alunas explicassem o que ocorreu quando elas coaram o café. Lara disse que elas imaginam que a cafeína era extraída do pó de café e que o

restante dos componentes ficava retido no filtro, formando a borra. Gisele explicou que uma pequena parte do grão de café era cafeína, e que na borra do café ficaram retidos os componentes que não foram solubilizados em água.

Após esse momento, Gisele sugeriu que eles retomassem a discussão sobre a adição de açúcar e pó de café à água em ebulição. Ela questionou os alunos sobre o que acontecia nessas etapas. Como ninguém respondeu, ela explicou, utilizando um desenho que representava as interações entre as moléculas de água e açúcar, que ao adicionar açúcar ao sistema às moléculas de açúcar interagem com as moléculas de água, fazendo com que houvesse menos moléculas de água disponíveis para atingir o estado de vapor. Consequentemente, a pressão de vapor diminuiria, uma vez que ela é resultante da pressão que as moléculas no estado de vapor exercem sobre o líquido.

Continuando a discussão, Gisele perguntou por que era necessário continuar a fornecer energia para que o sistema entrasse em ebulição novamente. Os alunos responderam que era preciso enfraquecer as interações entre as moléculas para que elas passassem para o estado de vapor. Nesse momento, a professora da disciplina questionou porque o aumento da temperatura fazia com que a interação entre as moléculas de água e as moléculas de açúcar fosse desfavorecida em prol da ebulição da água. Gisele explicou que o aumento da temperatura fazia com que a energia cinética das moléculas aumentasse e, com isso, as interações eram enfraquecidas. A professora disse que isso não era suficiente para explicar. Então, Gisele explicou que, com o aumento da temperatura, a agitação das moléculas aumentaria e, por isso, a interação entre as moléculas de água e açúcar (que antes era favorável), passaria a ser desfavorável. Letícia comentou que apenas parte da molécula de açúcar interagia com a água. Então, para que essa interação fosse favorável, era necessária uma direção. A professora da disciplina disse, então, que a explicação para o fato de as interações entre água e açúcar não serem mais favoráveis se devia à entropia do sistema. Gisele justificou que ela não sabia se poderia discutir sobre isso com alunos do ensino médio. Então, a professora da disciplina disse que o professor poderia levar o aluno a pensar que entre as moléculas de água há interações intermoleculares. Assim, o aquecimento contribuiria para o aumento do nível energético das moléculas e, com isso, as partículas possuiriam mais movimentos e ficariam mais afastadas, o que significaria o sistema ter um maior grau de desordem, maior entropia.

Nesse momento, Gisele disse que a entropia significava as possibilidades de configurações do sistema, e não apenas o grau de desordem. Rafaela disse que a ideia de grau de desordem estava associada às possibilidades de configuração das moléculas. A professora ressaltou que ela considerava importante discutir com o aluno o efeito da entropia do sistema, pois, caso isto não fosse discutido, o aluno poderia não entender porque uma interação que antes era favorável havia deixado de ser. Gisele disse que ela considerava que apenas usar o aumento de energia e a agitação das moléculas seria suficiente para que o aluno entendesse e, nesse caso, ela não precisaria usar o termo entropia.

Durante as aulas de planejamento da aula simulada, a aluna Gisele relatou à pesquisadora que acreditava que seu planejamento favoreceria a argumentação a partir da socialização dos modelos dos alunos e da discussão visando atingir um modelo consensual. Porém, não percebemos a ocorrência de argumentação durante a simulação da aula. Isto porque Gisele não criou oportunidades para que os alunos discutissem entre eles sobre as diferenças entre seus modelos. Além disso, ela quase não usou as evidências para apontar as limitações dos modelos e justificativas apresentadas. Em geral, a aluna utilizou as evidências (por exemplo, uma pequena parte do grão do café corresponde à cafeína) para criar explicações para o fenômeno, ou seja, para sustentar o discurso de autoridade. Vale destacar que não julgamos o discurso de autoridade como algo inadequado no processo de ensino. Porém, acreditamos que esse deve ser utilizado em um momento de sistematização do conhecimento e após a discussão com os alunos sobre suas ideias. Mais uma vez, reconhecemos que a situação na qual ocorreu a aula simulada (última avaliação do curso, presença de alunos de diferentes períodos etc.) pode ter afetado o desenvolvimento da aluna durante mesma.

Aula 18 - Aula simulada da dupla Letícia e Lara

Na aula 18, as alunas Letícia e Lara apresentaram a aula simulada relacionada ao conceito de calorías (Anexo 15). Inicialmente, Letícia comentou que a aula simulada era proposta para uma turma de segundo ano do ensino médio.

Lara deu início à simulação pedindo para que as quatro alunas¹³ se dividissem em duplas. Na sequência, Letícia descreveu como a montagem havia sido feita, e informou que os

¹³ Nessa aula, dos alunos de outros períodos convidados a participar da simulação, apenas dois compareceram. Além disso, a aluna Isis não estava presente.

grupos trabalhariam com dois alimentos diferentes: um amendoim e uma castanha do Pará. Ela informou, ainda, que as alunas precisariam pesar e anotar a massa dos alimentos.

Após a pesagem do alimento, Letícia informou que as alunas deveriam fixar o alimento no clipe de papel, da maneira como indicado na foto apresentada no roteiro. Continuando a informar sobre a montagem do experimento, Letícia disse que a dupla que estivesse com o amendoim iria colocar 100 mL de água no erlenmeyer e a outra dupla, que estava com a castanha do Pará, colocaria 120 mL. E, ainda, que as duplas iriam queimar o alimento e que, após o alimento começar a pegar fogo, as alunas deveriam colocar a lata de alumínio em volta dele. Após essas informações, as duplas deram início à realização do experimento. Elas foram orientadas a responder as questões após terminarem de realizar o experimento.

Assim que as duplas disseram que haviam terminado de responder as questões, Letícia e Lara deram início à discussão com toda a turma. Lara perguntou o que elas haviam respondido na questão número 1 ('Você mediu 100 mL ou 120 mL de água na proveta e adicionou no erlenmeyer. Por quê?'). A dupla Clara e Brena respondeu que a água ajudaria a medir a temperatura. A outra dupla, Gisele e Rafaela, disse que a água seria usada para medir a quantidade de energia transferida na forma de calor pela queima do alimento. Diante das respostas divergentes, Lara perguntou se Clara e Brena haviam entendido o que a outra dupla havia dito, e se elas haviam pensado dessa forma. Clara explicou que elas estavam tentando simular a resposta de um aluno do ensino médio. Lara questionou por que uma dupla usou 100 mL e a outra usou 120 mL. Rafaela disse que, talvez, isso tivesse relação com o fato de as duplas não terem usado o mesmo alimento.

Na sequência, Letícia leu a segunda questão ('Você envolveu o alimento com uma lata. Havia necessidade de colocá-la? Se sim, por quê?'). Clara disse que havia necessidade porque era preciso direcionar o calor liberado pelo alimento. Rafaela respondeu que sim, pois a lata funcionava como uma barreira física, impedindo a dissipação do calor. Lara reforçou que a lata teria a função de isolante.

Letícia leu a terceira questão ('Por que o termômetro não pode encostar no erlenmeyer?'). Clara e Brena disseram que isso era para evitar interferências na medida da temperatura. A outra dupla, disse que a temperatura da parede do erlenmeyer era diferente da temperatura da água. Então, Letícia disse que, de certa forma, as respostas eram as mesmas.

Letícia leu a quarta questão ('O que você imagina que está acontecendo nesse sistema? Proponha uma explicação para esse fenômeno.'). Clara respondeu que a queima da castanha do Pará liberava calor, esse aquecia a água, e o termômetro media essa temperatura. A dupla Gisele e Rafaela disse que havia respondido de forma similar. Então, Lara disse que as alunas haviam conseguido compreender o que estava acontecendo no sistema.

Na discussão da quinta questão ('Você observou que a temperatura da água variou conforme a queima do alimento. O que isso significa?'), Clara disse que à medida que a castanha queimava, a água era aquecida e a temperatura variava. Como a resposta da outra dupla foi similar, Letícia passou à discussão da próxima questão ('A variação da temperatura na água seria a mesma se tivesse um volume maior? '). Clara disse que a variação seria a mesma, porque a quantidade de calor liberada seria a mesma. Porém, Brena disse que a variação não seria a mesma, porque se fosse um volume maior de água demoraria mais tempo para ser aquecida. Ou seja, o alimento demoraria o mesmo tempo para queimar, porém uma maior quantidade de água demoraria mais para ser aquecida. A outra dupla disse que concordava com o posicionamento da aluna Brena.

Letícia leu a última questão ('Quais as variáveis que você acha que interferem na absorção de calor pela água? '). As alunas, Clara e Brena, disseram que seriam: massa da água, massa do alimento, volume de água, temperatura ambiente e temperatura inicial da água. Por outro lado, a outra dupla disse que seriam: massa da água e quantidade de energia transferida para a água. Letícia anotou a resposta das alunas no quadro. Na sequência, ela entregou a parte B da atividade e pediu que as alunas respondessem as questões para que, depois, elas discutissem.

Nessa passagem da aula, percebemos que Letícia e Lara não discutiram as respostas das alunas, embora em alguns momentos as alunas tenham apresentado respostas divergentes. Acreditamos que o fato de as alunas não terem favorecido a discussão naqueles momentos está relacionado ao objetivo delas. Durante as aulas de planejamento da aula simulada, a dupla relatou à pesquisadora que esse primeiro momento da atividade era destinado a sondar as ideias dos alunos sobre o fenômeno observado, e que depois haveria discussão.

Após as alunas responderem a segunda parte da atividade, Letícia sugeriu que elas comessem a discussão. Primeiro, ela ressaltou que as massas dos alimentos eram diferentes

(massa do amendoim era 0,44 g e a massa da castanha do Pará era 4,61 g) e que, por isso, a quantidade de energia liberada na queima deles era diferente. Ela explicou que a queima que as alunas haviam realizado era uma reação de combustão e que, nesse tipo de reação, havia liberação de energia. Letícia continuou a explicar que a energia não era liberada de forma direcionada, ou seja, a energia poderia se dissipar no ambiente. Nesse momento, Lara perguntou à dupla Brena e Clara, que havia dito que a lata teria a função de barrar a perda de calor, se a lata impediria totalmente a dissipação da energia. Clara disse que a lata não impediria totalmente, pois como ela era de alumínio, absorveria parte da energia. As alunas Letícia e Lara questionaram se, naquele sistema, poderiam ocorrer outras perdas além da já citada por Clara. Clara disse que poderia haver perda para o ambiente, porque o sistema não era isolado e, também, que a base do suporte poderia ter absorvido parte do calor, uma vez que era de ferro. Então, Lara resumiu que nem todo calor liberado pela queima do alimento havia sido transferido para o erlenmeyer.

Nesse trecho da aula, percebemos que a dupla destacou as possíveis perdas de calor envolvidas no experimento. Durante as aulas de planejamento, Lara e Letícia relataram à professora da disciplina que a intenção de chamar atenção para os dados referentes à perda de calor se devia ao fato de que essas perdas podem ser usadas como evidências na discussão sobre o erro envolvido no experimento. Isto porque as alunas esperavam que o resultado experimental fosse um valor menor do que o valor tabelado e, por isso, achavam importante ter evidências que dessem suporte à justificativa para a diferença de resultados.

Na sequência, Letícia disse que o fundo do erlenmeyer utilizado pela dupla Gisele e Rafaela havia ficado preto e questionou as alunas sobre por que isso havia ocorrido. Como as alunas não responderam, Lara e Letícia explicaram que uma reação de combustão poderia ser completa ou incompleta, e que, naquele experimento, a reação havia sido incompleta; por isso, houve a formação de carvão no fundo do erlenmeyer.

Continuando a discussão, Letícia informou que para calcular a quantidade de energia liberada usando a equação, seria necessário utilizar a massa de água ao invés da massa do alimento. Em seguida, ela perguntou o porquê disso. Gisele respondeu que elas iriam calcular a quantidade de energia absorvida pela água, pois não era possível saber a quantidade de energia liberada pelo alimento, uma vez que houve perdas para o ambiente. Como as alunas disseram que havia entendido, Lara explicou que a temperatura ambiente não iria influenciar

no experimento, e que o importante era a temperatura inicial e a temperatura final, pois o dado de que elas precisariam seria o de variação da temperatura.

Letícia questionou porque foram usados valores de massas de água diferentes nos dois sistemas e perguntou qual havia sido o resultado encontrado sobre a quantidade de energia. Gisele disse que a sua dupla havia encontrado 900 cal, e Clara disse que a sua dupla encontrou 2880 cal. As alunas disseram que não conseguiam explicar a diferença entre as massas de água utilizadas. Então, Letícia explicou que, principalmente no caso da castanha do Pará, se fosse utilizada uma massa pequena de água, ela poderia até ferver devido à absorção de energia.

Após esse momento de organização das ideias, Letícia sugeriu que fossem discutidas as questões. Então, ela questionou o que significava a unidade que as alunas haviam encontrado (calorias). As alunas responderam que era uma unidade usada para representar energia na forma de calor. Na sequência, Lara perguntou por que as alunas achavam que era importante pesar o alimento. Clara disse que era importante saber o peso do alimento para estipular a massa de água que deveria ser usada. Por outro lado, Rafaela disse que essa informação era importante para que o aluno conseguisse relacionar a quantidade de energia transferida pela queima com a porção de alimento. Letícia perguntou como havia ficado a expressão que as alunas haviam proposto para relacionar a massa do alimento com a energia liberada. Gisele disse que a massa do alimento seria diretamente proporcional à energia liberada. Em contrapartida, Clara disse que a quantidade de calor absorvida pela água era igual à massa do alimento somada ao calor fornecido pelo alimento. Após, esse momento, Letícia e Lara entregaram a terceira parte da atividade.

Após as alunas terminarem de responder as questões da terceira parte da atividade, Letícia fez uma recapitulação de tudo que havia sido discutido. Na sequência, ela pediu que as alunas resolvessem a questão que envolvia o cálculo da quantidade teórica de calor liberado e a comparação com a quantidade de calor absorvida pela água. Clara disse que havia encontrado um valor teórico igual a 30241,6 cal e um valor experimental igual a 2880 cal. Gisele disse que havia encontrado um resultado teórico de 2464 cal e uma quantidade de calor absorvida pela água igual a 900 cal. Letícia e Lara perguntaram se esses resultados eram coerentes e por que. Clara afirmou que o resultado era coerente devido às perdas mencionadas anteriormente. Letícia explicou que o calor cedido pelo alimento era diferente do calor absorvido pela água porque elas trabalharam com um sistema aberto. Letícia e Lara

perguntaram se a explicação havia ficado clara. Como todas as alunas disseram que sim, elas encerraram a aula simulada.

Por último, Letícia explicou que o objetivo da aula era concluir sobre as variáveis envolvidas no cálculo da quantidade de calor liberado pelo alimento e que elas pretendiam discutir o significado da unidade caloria.

Durante as aulas de planejamento da aula simulada, a dupla Lara e Gisele relatou à pesquisadora que elas haviam pensado em questões para o planejamento que ajudariam na organização do raciocínio dos alunos e no uso das evidências para a construção dos enunciados. Considerando o ocorrido na aula simulada, acreditamos que as alunas tenham conseguido propor questões que facilitaram a construção do conhecimento dos alunos. Além disso, o trabalho com as várias evidências (aumento da temperatura da água, perda de energia para o ambiente etc.) poderia favorecer a formulação de respostas divergentes e a ocorrência de argumentação. Isto porque a atividade oferecia várias oportunidades aos alunos de interpretar as evidências na construção de suas conclusões. Entretanto, não observamos muitas discussões sobre as repostas das alunas durante a simulação. Julgamos que a discussão incipiente da atividade tenha sido influenciada pelo fato de a aula ter contado com a participação de apenas duas duplas de alunos. Entretanto, como no caso da aula de Gisele, não podemos afirmar que, apesar do planejamento assim prever, a situação seria diferente no caso da presença de mais alunos com ideias divergentes.

Aula 19 – Aula simulada da dupla Rafaela e Isis

Na aula 19, Isis e Rafaela apresentaram a aula simulada que elas haviam formulado para introduzir o conteúdo de interações intermoleculares. Isis iniciou a aula informando às duas alunas¹⁴ que elas deveriam simular o papel de alunos do primeiro ano do ensino médio que teriam conhecimentos sobre reações químicas e geometria molecular. Na sequência, Rafaela leu o procedimento (Anexo 16) com as alunas e solicitou que elas fizessem a atividade.

Após a leitura, as alunas realizaram a atividade. Depois disso, Isis propôs que elas discutissem sobre o que haviam feito. Primeiramente, ela perguntou o que havia acontecido quando as alunas passaram o pincel seco sobre o *Confete*®. As alunas responderam que não haviam observado nenhuma mudança no *Confete*® ou no pincel. Então, Isis questionou o que

¹⁴ Nessa aula, nenhum aluno de outros períodos que foi convidado compareceu. Além disso, a aluna Lara faltou à aula.

elas haviam observado quando passaram o pincel molhado sobre a superfície do *Confete*[®]. Gisele disse que o pincel havia ficado colorido e o *Confete*[®] tinha desbotado. Diante disso, Isis perguntou por que as alunas achavam que isso tinha acontecido. As alunas não responderam imediatamente o questionamento de Isis mas, após alguns instantes, Letícia disse que o corante do *Confete*[®] havia dissolvido na água. Dando continuidade à discussão da atividade, Isis perguntou às alunas se elas consideravam a água um fator determinante para o que elas haviam observado. Gisele concordou e comentou que sem a água não teria como “retirar” a cor do *Confete*[®]. Nesse momento, Isis concluiu que a água solvato as moléculas de pigmentos presentes no *Confete*[®] e sugeriu que elas discutissem a segunda parte da atividade.

Nesse trecho da aula, percebemos que Isis e Rafaela trabalharam com os sistemas (pincel molhado e *Confete*[®]) e (pincel seco e *Confete*[®]) para discutir sobre a importância da água na dissolução do pigmento. Acreditamos que a dupla optou por trabalhar com os dois sistemas para que a diferença nos resultados pudesse ser utilizada como uma evidência da influência da água no fenômeno.

Iniciando a discussão da segunda parte do experimento, Isis perguntou às alunas o que havia acontecido com o papel ao colocá-lo na água. Gisele disse que a água começou a subir pelo papel. Então, Rafaela questionou sobre o porquê desse acontecimento. Na sequência, Isis perguntou por que a água não subia pelo cabo de plástico do pincel. Gisele disse que havia alguma coisa na água que permitia que ela subisse no papel e não permitia que ela subisse no plástico. Isis disse que elas continuariam a discutir sobre essa “*alguma coisa*” que permitia que a água subisse e questionou sobre o que aconteceu quando elas colocaram o papel em contato com o copo com água. Gisele relatou que “*o lugar que estava a cor roxa ficou rosa e o roxo subiu; no azul ficou branco e o azul subiu; e no verde ficou branco e o verde subiu*”. Letícia disse que as cores foram arrastadas e, na sequência, Isis pediu que as alunas fizessem um modelo representando o que elas haviam observado no arraste das cores.

Após as alunas terem desenhado no quadro seus modelos (figuras 6.1 e 6.2), Isis solicitou que cada aluna explicasse sua representação.



Figura 6.1. Modelo representado pelas alunas para explicar o pigmento em contato com o papel.



Figura 6.2. Modelo representado pelas alunas para explicar o arraste das cores.

Letícia disse que ela havia representado que as partículas do corante verde “sobem” todas juntas, mas que o corante roxo se divide em dois: roxo e rosa. Gisele comentou que o modelo dela era similar ao modelo da Letícia. Então, Isis perguntou o que as alunas queriam representar quando utilizaram bolinhas e estrelas para a mesma cor de corante. As alunas responderam que isso representava dois componentes diferentes que, quando juntos, formam a cor roxa. Então, Isis perguntou por que as cores haviam se separado. Como nenhuma das alunas respondeu ao questionamento, ela lembrou o que estava representado no modelo

apresentado na figura 6.2 e indagou se a água afetava de alguma forma aquele sistema. As alunas disseram que quanto mais a água subia, mais o pigmento subia. Rafaela perguntou como as alunas representariam a água no modelo. Gisele disse que as moléculas de água faziam parte do sistema, mas que elas não haviam representado. Na sequência, Isis apontou para um modelo que representava as partículas do pigmento próximas à base do papel (figura 6.1) e questionou o que as alunas achavam que deixava as partículas próximas. Como as alunas pareceram não entender o questionamento, ela perguntou por que inicialmente o pigmento tinha ficado na base do papel e por que, quando o papel foi molhado, ele *“tinha subido”*. As alunas continuaram a não entender a pergunta feita por Isis, que teve dificuldade em reformular a questão. Então, ela questionou sobre o fato de o pigmento azul ter sido mais arrastado do que o pigmento roxo. As alunas disseram que isso acontecia porque a água conseguia *“levar”* mais o azul do que o roxo. Isis indagou qual seria o significado o termo *‘levar’* que as alunas estavam usando e solicitou que elas fizessem no quadro um modelo para explicar suas ideias.

Após a elaboração dos modelos, Isis insistiu no questionamento sobre o porquê de um pigmento ter sido mais arrastado do que o outro. As alunas repetiram a resposta anterior. Isis questionou por que isso acontecia se no sistema havia a mesma quantidade de água. Gisele disse que o corante roxo era mais pesado do que o corante azul e, por isso, a água o arrastava menos. Isis e Rafaela ficaram sem resposta para a aluna, e disseram que não conseguiam prosseguir a discussão com ela. Então, a professora da turma sugeriu que elas voltassem na discussão e disse que nem sempre o professor consegue trabalhar as concepções alternativas dos alunos de uma só vez. Naquele caso, seria bom selecionar as ideias e discutir por partes. Então, Isis lembrou que as alunas haviam dito que a água arrastava o pigmento e perguntou o que seria preciso para que a água conseguisse fazer isso. Nesse momento, a professora comentou que teria sido bom se as alunas fizessem o experimento com um solvente que poderia arrastar o pigmento e o outro que não iria interagir, porque isso ajudaria na discussão. Isis comentou que elas haviam optado por trabalhar com apenas um solvente porque achavam que não daria tempo de discutir os dois experimentos.

Após a fala da professora, Isis concluiu que o arraste é causado pelas interações entre as partículas, e que as interações seriam resultantes das atrações entre as partículas. Além disso, ela disse que, para a água arrastar uma substância, ela precisaria interagir com ela. No

caso em questão, houve maior arraste, e maior interação, do pigmento com a água porque na estrutura do pigmento existe uma parte que “é capaz” de interagir com a água.

Na sequência, Isis pediu que as alunas respondessem a última questão (“Diante das discussões realizadas nas últimas aulas e com o auxílio do modelo proposto para reações químicas, como você diferenciaria reações de interações químicas?”). Letícia respondeu que nas reações químicas há formação de novo produto e nas interações as partículas apenas interagem. Diante da resposta da aluna, a dupla disse que elas haviam acertado. Então, a professora da disciplina entrevistou questionando como isso poderia ser comprovado nesse experimento. Letícia disse que ela poderia ver que não houve reação porque o pigmento roxo é uma mistura de vermelho e azul e isso pode ser visto após o arraste. Então, Isis questionou se havia ocorrido interação entre o pigmento e o cabo do pincel molhado. Gisele disse que não, e que, apesar de elas terem conseguido “retirar” a cor do *Confete*®, isso teria sido resultado de uma força mecânica e não da ocorrência de alguma interação, pois, caso fosse uma interação, a ponta do pincel deveria permanecer manchada pelo pigmento.

Nesse trecho da aula percebemos que, ao ser questionada pela professora sobre uma forma de comprovar que não houve reação química no experimento, a aluna Gisele conseguiu apresentar uma evidência específica para sustentar a conclusão de que no experimento houve uma interação do pigmento com a água e não uma reação entre eles.

Rafaela terminou a simulação informando às alunas que na próxima aula elas iriam discutir sobre os tipos de interação e que aquela aula tinha sido apenas uma introdução.

A partir da simulação da aula por Rafaela e Isis, percebemos que a dupla tentou formular questões que conduzissem as alunas à conclusão de que a água era fundamental para que as cores fossem arrastadas no papel. Julgamos que os questionamentos feitos pelas alunas podem ser indícios da aprendizagem das estratégias de ensino favoráveis à prática argumentativa. Entretanto, em alguns momentos, observamos que os questionamentos feitos por Isis foram muito amplos e não contribuíram para a organização e construção de ideias pelas alunas (por exemplo, quando ela questionou por que a água subia), o que pode evidenciar uma limitação no conhecimento sobre estratégias instrucionais. Além disso, notamos que o material proposto pelas alunas contava com questões direcionadas ao trabalho com as evidências. Porém, como ressaltado pela professora, o fato de as alunas trabalharem apenas com um solvente dificultou o uso das evidências e a construção de respostas pelas

alunas sobre o porquê de a água arrastar os pigmentos. Acreditamos que devido ao tempo destinado à aula simulada (100 minutos) e à possibilidade de outros alunos estarem presentes durante a simulação, as alunas optaram por trabalhar com apenas um experimento e discutir todos os modelos propostos para a situação. Contudo, reconhecemos que isso implica em uma possível limitação do conhecimento de materiais instrucionais das alunas porque o fato de os alunos não poderem comparar resultados contrários pode comprometer a análise das evidências e a apresentação de justificativas. Nesse sentido, a dificuldade apresentada pelas alunas Gisele e Letícia ao formular uma justificativa para o fato de o pigmento azul ser mais arrastado do que o pigmento roxo corrobora nossa observação.

Após as alunas terem encerrado a simulação da aula, a professora da disciplina reforçou a necessidade de o experimento ser feito com dois solventes diferentes para facilitar a discussão e elaboração do conhecimento do aluno, uma vez que ele pode estabelecer comparações entre os resultados dos dois experimentos. Além disso, ela comentou que não fazia sentido discutir os tipos de interação após a realização do experimento, principalmente considerando que Isis e Rafaela tinham definido como pré-requisito o conhecimento sobre geometria molecular. Como a aula que elas simularam tinha um caráter introdutório para o conteúdo de interações intermoleculares, o que os alunos precisariam entender era o significado de moléculas. Por outro lado, fazia mais sentido discutir os tipos de interação intermolecular junto com a geometria molecular. A professora disse, ainda, que no caso da aula que as alunas haviam proposto, o aluno poderia concluir que as interações entre a água e o pigmento são favoráveis e por isso há arraste. Por isso, ela reforçou novamente a necessidade de o experimento ser feito com um solvente cuja interação com o corante não fosse favorável.

No final da aula, todas as alunas relataram que, durante os planejamentos, elas se dedicaram e acreditam que fizeram um bom planejamento, mas durante a simulação das aulas elas sentiram muita dificuldade em lidar com a situação, isto é, elas perceberam que os conhecimentos na teoria e na prática são diferentes.

Capítulo 7. Análise do Estudo de Caso

Neste capítulo, apresentamos as discussões dos resultados evidenciados a partir do estudo de caso. Optamos por dividi-lo em duas seções – conhecimento sobre argumentação e conhecimento para a ação docente em argumentação – com o intuito de facilitar a compreensão do leitor sobre o impacto da disciplina em cada uma dessas dimensões.

Tanto o conhecimento *sobre* quanto o *para a ação docente* são compostos por mais de um elemento relacionado à argumentação. O conhecimento relacionado a cada um desses elementos é abordado em subseções. Como mencionado no capítulo de metodologia, em cada uma das subseções, apresentamos um quadro representativo dos aspectos relacionados à aprendizagem do elemento em questão. Os quadros relacionam três pontos importantes para a compreensão da aprendizagem dos elementos envolvidos no conhecimento relativo à argumentação, a saber:

- A aula (como descrito no estudo de caso) na qual ocorreu a discussão;
- Os aspectos presentes na fala da professora que podem ter contribuído para a aprendizagem sobre o determinado elemento;
- As manifestações das alunas relacionadas à aprendizagem do elemento em questão.

Na construção dos quadros, optamos por representar por células em branco os momentos nos quais não percebemos manifestações relacionadas à discussão sobre um elemento, seja por parte da professora ou por parte das alunas. Além do quadro, discutimos nossos resultados com o objetivo de complementar a análise.

Conhecimentos sobre argumentação

Nessa seção, apresentamos as discussões dos resultados relacionadas aos conhecimentos sobre argumentação. Como discutido anteriormente, esse tipo de conhecimento está relacionado ao entendimento do professor sobre a natureza da prática argumentativa, o que envolve a compreensão da estrutura de um argumento, as capacidades argumentativas e a mobilização desses conhecimentos em situações dialógicas. Nesse sentido, ele é composto pelos elementos: evidências; justificativa; contra-argumentação; teoria alternativa; e refutação.

Evidências

Apresentamos no quadro 7.1 os aspectos das aulas de Prática de Ensino de Química IV (PEQIV) que podem ter impactado no conhecimento das alunas sobre evidências e as manifestações das mesmas relacionadas à aprendizagem deste elemento.

Aulas	Aspectos presentes na fala da professora	Manifestações das alunas relacionadas à aprendizagem
1		
2	Os dados precisam ser interpretados pelos sujeitos. Apresentação do significado e função da evidência na estrutura do argumento. Destaque para a possibilidade de diferentes interpretações das evidências e de influências externas na análise. Reforço do significado e da função da evidência no argumento.	Reconhecimento, a partir do texto, da possibilidade de apresentar evidências para os conhecimentos científicos ensinados nas aulas de ciências – algo sobre o qual a aluna declarou não ter pensado antes. (Maria)
3		
4	Retomada da função de evidências. Retomada do conceito de evidência.	Manifestação sobre as dificuldades para apresentar evidências para as afirmativas químicas. (Todas as alunas)
5	Retomada do conceito de evidência. Discussão sobre evidências em termos de confiabilidade e validade. Discussão sobre o ‘peso’ de um dado ou de um conjunto de dados na construção de evidências. Diferença entre dados e evidências. Considerações sobre a suficiência de apenas uma evidência ou um conjunto delas para dar suporte a uma conclusão.	
6	Apresentação do significado de evidência específica. Relação de evidências com a construção do conhecimento científico.	Relato sobre a dificuldade em selecionar evidências específicas para as afirmativas químicas. (Maria) Demonstração do entendimento de evidências específicas. (Lara)
7		Reconhecimento do papel das evidências específicas no argumento e do uso de dados na construção de evidências. (Todas as alunas)
8	Destaque para importância de evidências na construção de conclusões.	Reconhecimento da importância das evidências na construção de um argumento. (Todas as alunas)

9		
10		Confecção de um texto que apresentava poucas evidências e que eram complexas demais para os alunos do ensino médio. (Lara e Rafaela) Manifestação de dificuldade em diferenciar evidências de justificativas. (Lara e Rafaela) Apresentação de uma evidência coerente para o caso das sacolas plásticas. (Gisele) Apresentação de evidências na atividade elaborada. (Letícia e Gisele)
11	Retomada da discussão sobre dados isolados e conjuntos de dados na construção de evidências.	Apresentação de uma evidência específica para o caso da escova progressiva e demonstração de conhecimento sobre evidências específicas. (Isis)
12		
13		
14		
15		Solicitação de análise de evidência na atividade experimental confeccionada. (Rafaela e Lara)
16		
17		Apresentação de evidências relacionadas à atividade. (Gisele) Falta de discussão das evidências apresentadas pelos participantes durante a aula simulada. (Gisele) Apresentação das evidências e uso das mesmas para sustentar o seu discurso de autoridade. (Gisele)
18		Destaque aos dados que poderiam ser usados como evidências na atividade. (Lara e Letícia)
19		Análise das evidências presentes na proposta. (Isis e Rafaela) Não identificação de evidências para o fato de a água 'arrastar' o pigmento no experimento. (Isis e Rafaela) Apresentação de uma evidência específica para o fenômeno de interação da água com o pigmento. (Gisele)

Quadro 7.1. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem de evidências.

O estudo de caso evidencia que a maior parte das discussões sobre evidências ocorreram entre as aulas 2 e 8. Vale destacar que, entre as aulas 1 e 10, ocorreu a discussão focada em argumentação. Além disso, podemos perceber que a abordagem sobre o elemento 'evidência' contemplou a sua conceitualização, a sua função na construção de um argumento, o significado de evidências específicas, confiáveis e válidas à conclusão, o papel da evidência na construção de conhecimento científico, a diferença entre dados e evidências, a necessidade

da interpretação dos dados para a construção de evidências, o ‘peso’ de um dado ou conjunto de dados como evidências, a suficiência de apenas uma evidência ou um conjunto delas para dar suporte a uma conclusão, e a possibilidade de múltiplas interpretações sobre um mesmo dado ou sobre um conjunto.

Nas aulas 2 e 4 foram discutidos, respectivamente, o texto *‘Argumentar consiste en evaluar los enunciados en base a pruebas’* (Jiménez-Aleixandre, 2010) e as atividades ‘Halloween Crush’ (Anexo 1) e ‘Por que sabemos o que sabemos?’ (Anexo 2). Nessas aulas, percebemos que as alunas tinham pouco conhecimento sobre o uso e significado de evidências na construção de enunciados. Tal afirmativa se baseia nos fatos de que: (i) na atividade ‘Por que sabemos o que sabemos?’ as alunas tiveram dificuldade em apresentar as evidências para as afirmativas químicas; e (ii) ao ler o primeiro texto proposto pela professora, a aluna Maria relatou desconhecer o fato de que era possível trabalhar evidências relacionadas aos conhecimentos científicos. Como relatado no estudo de caso, observamos que em todos os momentos nos quais as alunas manifestaram limitações ou dificuldades em mobilizar o conhecimento, a professora entrevistou reforçando o conceito ou ressaltando a sua função na elaboração de uma conclusão. Por exemplo, na aula 4, na qual as alunas tiveram dificuldades em apresentar uma evidência para a afirmativa ‘NaCl é uma substância composta’, a professora discutiu com a turma a limitação da evidência apresentada por Maria e Isis e reforçou o conceito de evidências.

Como apontado no estudo de caso, as aulas 1, 3, 5 e 7 foram aulas destinadas à realização de atividades direcionadas à argumentação. Nessas aulas não foi possível registrar dúvidas ou entendimentos sobre o conceito em função de as discussões da atividade terem ocorrido entre as duplas e de a pesquisadora não ter acesso às essas discussões¹⁵. Por outro lado, observamos que nas aulas 2, 4, 6 e 8, que sucederam as atividades, as alunas manifestaram algum tipo de dúvida ou reconheceram suas dificuldades. Ou ainda, como pode ser percebido na parte do estudo de caso referente às aulas 6 e 8, nas quais foram discutidos respectivamente o texto *‘Los criterios para evaluar pruebas incluyen especificidad, suficiencia, fiabilidad’* (Jiménez-Aleixandre, 2010) e os capítulos da dissertação de Correa (2011), as alunas demonstraram entendimento sobre algum aspecto relacionado à evidência ou manifestaram reconhecimento sobre o papel da mesma na construção de argumentos ou sobre a análise de dados com caráter de evidência. Além disso, nas aulas seguintes às atividades, observamos

¹⁵ Apenas uma filmadora foi utilizada para registrar toda a turma.

que, ao discutir os textos com temática relacionada à atividade anterior, a professora destacou e reforçou aspectos importantes sobre evidências (por exemplo, relação do uso de evidências na construção do conhecimento científico).

Podemos destacar que a opção metodológica da professora – várias atividades seguidas de discussões de textos relacionados às atividades – parece ter contribuído para a compreensão das alunas sobre o conteúdo de evidência. Isto porque, ao observamos as manifestações das alunas notamos que, ao longo da disciplina, elas esboçaram menos dúvidas e passaram a construir relacionamentos entre as discussões dos textos e as atividades realizadas. Por exemplo, durante a discussão sobre evidências específicas a partir do texto ‘Los criterios para evaluar pruebas incluyen especificidad, suficiencia, fiabilidad’ (Jiménez-Aleixandre, 2010), a aluna Lara conseguiu relacionar o conceito com a atividade ‘Crânio de Copérnico’, na qual nenhuma evidência poderia ser considerada específica, pois não era possível concluir se o crânio pertencia mesmo a Copérnico.

Além disso, essa opção metodológica permitiu que a professora retomasse por diversas vezes o conceito de evidência. Por exemplo, como descrito no estudo de caso, na aula 4, Maria apresentou uma evidência para a afirmativa de que a água salgada é um mistura. A partir disso, a professora teve oportunidade de discutir com as alunas sobre a necessidade de que as evidências sejam objetivas. Depois, na aula 5, esse mesmo conceito fundamentava a atividade ‘Crânio de Copérnico’ (Anexo 3); e ele também foi discutido a partir do texto trabalhado na aula 6. Julgamos que essa possibilidade de múltiplas discussões sobre um mesmo conceito favoreceu a reflexão das alunas e a aprendizagem das mesmas sobre as evidências.

Outra contribuição dessa opção metodológica se deve à possibilidade de trabalhar diferentes aspectos de evidência a partir de várias situações problema. Por exemplo, a atividade realizada na aula 3, ‘Por que sabemos o que sabemos?’ (Anexo 2) favorecia a discussão sobre o papel de evidências para dar suporte a conclusões. Este mesmo aspecto estava envolvido na discussão da atividade realizada na aula 5, ‘Crânio de Copérnico’ (Anexo 3), que também oportunizava a discussão sobre a construção de evidências a partir de um dado ou de um conjunto de dados, discussão esta que não havia ocorrido nas outras atividades.

Como descrito no estudo de caso, as aulas 10, 11, 15, 17, 18 e 19 foram aulas destinadas à apresentação das atividades realizadas pelas alunas. Exceto pela aula 15, na qual as alunas apresentaram reformulações dos experimentos verificacionais, as demais contemplaram apresentações de aulas simuladas envolvendo explicitamente argumentação. Nas aulas 10 e 11, as alunas, a não ser Lara e Rafaela, demonstraram conhecimento sobre o papel e significado das evidências, pois inseriram dados na atividade que poderiam ter caráter de evidências na construção de conclusões. Ao propor poucas evidências no texto confeccionado para a atividade, Lara e Rafaela demonstraram limitação no conhecimento de evidências e do seu papel na construção de argumentos. Entretanto, na aula 15, essas alunas expressaram um melhor entendimento sobre evidências ao solicitarem, nas questões do roteiro experimental, que os sujeitos analisassem os dados experimentais.

Além disso, nas aulas 17, 18 e 19, observamos que todas as alunas pensaram em atividades que permitiam que os participantes analisassem e coletassem evidências. Acreditamos que, ao pensar nas evidências que poderiam ser disponibilizadas aos participantes da simulação, as alunas demonstraram conhecimento sobre esse elemento. Porém, na proposta de Isis e Rafaela apresentada na aula 19, faltaram dados que ajudassem os alunos a concluir que a água interagia mais com o pigmento e, por isso, era capaz de ‘arrastá-lo’. Com isso, assim como a professora da turma, julgamos que a atividade não possuía evidências que dessem suporte à conclusão dos alunos sobre a relação entre as interações e a capacidade de arraste. Acreditamos que, nesse caso, as alunas Isis e Rafaela manifestaram uma limitação no conhecimento de evidência em relação ao seu papel na construção do conhecimento. Isto porque, apesar de as alunas terem trabalhado com evidências ao longo da atividade experimental, elas não se ativeram ao fato de que o conhecimento científico (interações intermoleculares) envolvido na atividade experimental não foi sustentado em evidência específica ou suficiente para o caso (por exemplo, o fato de a água “arrastar” mais o pigmento do que um solvente apolar). Ainda nessa aula, Gisele apresentou uma evidência suficiente para sustentar a conclusão de que o pigmento não interagia com o cabo do pincel ao afirmar que, se houvesse interação, o cabo deveria ficar com a cor do pigmento retirado do *Confete*®.

Em particular, observamos que, durante sua aula simulada (aula 17), Gisele não discutiu com os alunos as evidências que eles apresentavam e usou as evidências disponíveis para sustentar o discurso de autoridade. Letícia e Lara destacaram aspectos experimentais

durante a aula para que os participantes tomassem consciência de quais eram as evidências para a possível discrepância entre o resultado experimental e o teórico. Isis e Rafaela buscaram apresentar evidências que contribuíssem para a construção do conhecimento de interação entre água e pigmento. Porém, faltou apresentar evidências que ajudassem os alunos a sustentar a conclusão de que a água interagia com o pigmento e por isso o 'arrastava' no papel.

Em resumo, o conhecimento sobre evidência manifestado pelas alunas pode ser analisado tendo em vista a estrutura do argumento e a sua mobilização em situações dialógicas. Podemos pensar o significado estrutural do argumento a partir dos elementos que o compõe. Então, assim como outros autores (Jiménez-Aleixandre, 2010; McNeill & Knight, 2013; McNeill & Pimentel, 2010), reconhecemos a evidência como um suporte na construção de argumentos. Nesse sentido, cremos que as alunas demonstraram entendimento sobre o conceito e sobre o papel das evidências na construção de conclusões. Isto porque, ao planejar suas atividades, todas as alunas tiveram a preocupação de propor evidências que poderiam ser usadas pelos participantes para construir suas respostas. Além disso, ao longo das aulas de PEQIV, elas conseguiram apresentar evidências para os conhecimentos químicos e trabalhar com as evidências na construção de seus argumentos. Portanto, nos parece coerente afirmar que, considerando a metodologia utilizada, os materiais trabalhados e as ações da professora, a disciplina PEQIV influenciou o desenvolvimento do conhecimento sobre evidências das alunas no âmbito estrutural.

A mobilização do conhecimento sobre evidências para situações dialógicas está relacionada ao uso de evidências na construção de argumentos em situações de persuasão ou de convencimento de audiência (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2008), ou em situações de estabelecimento de consenso sobre a força de um enunciado entre uma audiência (Driver et al., 2000). Isto porque uma evidência pode dar suporte aos argumentos de persuasão ou aos argumentos consensuais. Por exemplo, podemos ter uma situação de persuasão fundamentada em evidência quando um sujeito que acredita que a origem do aquecimento global é antrópica usa as evidências de acúmulo de gás carbônico nas camadas de gelo (que indica o aumento da produção de gás carbônico na atmosfera ao longo dos anos), o nível de derretimentos das calotas polares etc., para convencer um indivíduo, que crê que a mudança climática é resultante apenas dos processos geológicos e não das contribuições antrópicas.

Tendo em vista o papel da evidência na dimensão dialógica da argumentação, julgamos que, durante as discussões das atividades, as alunas conseguiram usar as evidências com a intenção de convencer ou de reforçar uma teoria. Isto porque, em alguns momentos durante as discussões das atividades, o consenso entre as respostas das alunas foi obtido através da discussão de uma dupla com a outra. Porém, quando as alunas precisaram usar as evidências para persuadir os alunos em relação ao conhecimento científico durante as aulas simuladas finais, as mesmas apresentaram limitações no uso das evidências no âmbito dialógico. Entretanto, no contexto dessa pesquisa – formação inicial de professores – entendemos que o uso das evidências na dimensão dialógica da argumentação depende de outros aspectos para além do conhecimento conceitual sobre evidência, por exemplo, o conhecimento sobre, e o uso de, habilidades para conduzir situações argumentativas. Contudo, acreditamos que a disciplina PEQIV contribuiu para o desenvolvimento do conhecimento sobre evidências das alunas no âmbito dialógico, sendo tal contribuição limitada pela ausência de outras habilidades essenciais ao ensino por argumentação.

Justificativa

Apresentamos no quadro 7.2 os aspectos das aulas de PEQIV que podem ter impactado no conhecimento de justificativas das alunas, assim como as manifestações das alunas relacionadas à aprendizagem deste conteúdo.

Aulas	Aspectos presentes na fala da professora	Manifestações das alunas relacionadas à aprendizagem
1		
2	Apresentação do conceito de justificativa. Retomada do conceito de justificativa. Diferenciação entre justificativa e explicação.	Manifestação referente à igualdade entre justificativa e explicação. (Isis) Demonstração de dificuldades para apresentar as justificativas para as razões propostas na atividade. (Isis e Rafaela) Utilização, ao longo da discussão, dos termos justificativa e explicação como sinônimos. (Todas as alunas) Manifestação de dificuldade relacionada ao entendimento do conceito. (Isis) Utilização de exemplos para explicar o conceito de justificativa a Isis. (Demais alunas) Compreensão sobre a diferença entre justificativa e explicação. (Isis e Rafaela)
3		
4	Retomada do conceito de justificativa.	Demonstração de entendimento sobre o papel da justificativa na argumentação. (Gisele)

5	Retomada do conceito de justificativa.	
6		
7		Reconhecimento da necessidade do elemento justificativa para dar suporte a uma opinião. (Gisele)
8	Destaque para importância da justificativa na construção de conclusões.	
9		
10		Manifestação de dificuldade em diferenciar os elementos evidências e justificativa. (Lara) Utilização adequada do termo justificativa na proposição de questões. (Gisele e Letícia)
11		Utilização adequada do termo justificativa na proposição de questões. (Isis e Maria)
12		
13		
14		
15		
16		
17		Apresentação de justificativas que davam suporte às evidências. (Gisele) Utilização adequada do termo justificativa nas questões propostas. (Gisele)
18		Utilização adequada do termo justificativa nas questões propostas. (Letícia e Lara)
19		Utilização adequada do termo justificativa nas questões propostas. (Isis e Rafaela)

Quadro 7.2. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem de justificativas.

O estudo de caso evidencia que as discussões sobre o conteúdo relacionado ao elemento justificativa ocorreram nas aulas 2, 4, 5 e 8. Vale destacar que nas aulas 2, 4 e 5 foram discutidas atividades que solicitavam explicitamente a apresentação de justificativas e, na aula 8, as alunas e a professora discutiram o trabalho de Correa (2011), que apresenta uma definição para o conceito. Portanto, essas aulas favoreceram as discussões sobre o conceito de justificativa. Além disso, como destacado anteriormente, as aulas 1 a 10 foram destinadas a discussões focadas em argumentação. Logo, elas envolviam discussões explícitas sobre os elementos do argumento, inclusive a justificativa e, naturalmente, favoreceram discussões sobre aspectos relacionados ao conceito. Além disso, percebemos que essas discussões

envolveram, principalmente, apresentação e retomada do conceito de justificativa, destaque à diferença entre justificativa e explicação e o papel de justificativas na construção de conclusões.

Assim como descrito no estudo de caso, na aula 2, foi discutida a atividade ‘Halloween Crush’, a qual apresentava várias razões para o fato de a tampa de uma lata de óleo ter explodido ao ser aquecida e para o fato de a lata ter amassado após ser tampada e retirada do aquecimento. As alunas deveriam analisar as razões, ordená-las conforme a relevância para responder as duas questões problemas (‘Por que a tampa explodiu?’ e ‘Por que a lata amassou?’); justificar a classificação das razões; e, depois, deveriam apresentar uma explicação para os casos. Observamos que, embora a professora tenha apresentado o conceito de explicação na aula 1, em vários momentos as alunas manifestaram dúvidas sobre a diferença entre justificativas e explicação. Por exemplo, ao responder a questão da professora, *“O que vocês colocaram como justificativa?”*, a dupla Rafaela e Isis demonstrou tratar como sinônimo os termos ‘justificativa’ e ‘explicação’ ao dizer que a sua resposta não havia explicado a razão analisada. Vale ressaltar que, na aula 1, a professora apresentou apenas o conceito de explicação. Portanto, até o início da discussão dessa aula, as alunas ainda não haviam discutido sobre o significado de justificativa. Considerando que a aula 2 foi o primeiro contato das alunas com o conteúdo de justificativa, julgamos que essa dificuldade inicial é compreensível. Além disso, a proposta da professora era discutir o significado do termo a partir da atividade e da experiência das alunas de propor justificativas sem o conhecimento formal do mesmo.

Notamos que, em geral, a maior parte das dúvidas foi expressa por Isis e Rafaela. Nesse sentido, observamos que ao discutir as respostas da atividade com as colegas e a professora, a dupla Isis e Rafaela demonstrou dificuldade em formular justificativas para as razões analisadas na atividade ‘Halloween Crush’. Por exemplo, ao tentar apresentar sua justificativa para a razão ‘não igualdade entre a pressão interna e externa’, Rafaela não teve êxito pois, na tentativa de formular uma justificativa, ela acabou repetindo o enunciando, como fica evidente em sua fala: *“Ocorreu um aumento da pressão interna em relação à pressão externa. A pressão interna aumentou comparada com a pressão externa, ou seja, era maior que a pressão externa.”*

O estudo de caso evidencia que, ao longo da aula 2, essas mesmas alunas (Isis e Rafaela) deram indícios de estarem compreendendo o conceito de justificativa e a diferença entre esse elemento e a explicação. Acreditamos que essa evolução das alunas esteja

associada aos momentos de socialização das respostas da atividade 'Halloween Crush'. Isto porque podemos perceber, nos diálogos, que Isis e Rafaela foram reconhecendo as limitações de suas respostas e tiveram oportunidade de discutir o significado da justificativa quando se engajaram nas discussões com as colegas. Por exemplo, após uma discussão com as colegas e a professora sobre a diferença entre justificativa e explicação, Isis e Rafaela propuseram uma conclusão: *"A explicação seria uma causa sem o porquê. Se eu estivesse falando o porquê, eu estaria justificando e eu estaria argumentando."*

Além disso, esses momentos de socialização permitiram que a professora interviesse retomando o conceito de justificativa quando as alunas manifestavam má compreensão do mesmo. Por exemplo, no momento em que Isis relatou que era difícil formular as justificativas para a ordem proposta para as explicações, a professora destacou que o papel da justificativa era dar suporte à explicação. Diante disso, julgamos que o uso de atividades envolvendo os conceitos estudados foi importante para o desenvolvimento do conteúdo de justificativa das alunas. Acreditamos também que o uso dessas atividades seguidas de discussões e socialização das respostas foi fundamental para que as alunas pudessem discutir suas concepções sobre justificativas, pudessem formar ideias mais adequadas sobre o conteúdo e para que a professora pudesse mediar o processo de aprendizagem do conteúdo de justificativas das alunas.

Como relatado no estudo de caso, na aula 4, as alunas discutiram com a professora a atividade 'Por que sabemos o que sabemos?' (Anexo 2), cujo objetivo era apresentar evidências e justificativas para afirmativas de conteúdo químico e, na aula 5, elas realizaram a atividade 'Crânio de Copérnico' (Anexo 3) na qual analisaram informações trazidas em um texto e justificaram sua resposta em relação à origem do crânio encontrado. O estudo de caso indica que as atividades trabalhadas nessas aulas permitiram que a professora retomasse o conceito de justificativa e, ainda, oportunizou às alunas mais momentos para discutir e refletir sobre esse conteúdo. Na aula 4, Gisele manifestou entendimento sobre o conceito de justificativa ao apresentar uma justificativa adequada para a afirmativa de que água salgada é uma mistura. Na aula 8, as alunas discutiram o texto '*Análise das capacidades argumentativas de professores de química recém-formados na Universidade Federal de Minas Gerais*' (Correa, 2011), que apresenta o conceito de justificativa. Isto permitiu à professora destacar a importância do elemento na construção de argumentos. Além disso, observamos que, na aula 7, ao ser questionada pela professora sobre qual elemento ajudava a dar suporte a uma

opinião, Gisele afirmou que seria a justificativa, evidenciando seu conhecimento sobre esse elemento.

Nas aulas 4 e 7, Gisele manifestou aspectos sobre o elemento justificativa que podem evidenciar a compreensão sobre o significado e papel do mesmo na construção de conclusões. Além disso, nas aulas destinadas à apresentação de aulas simuladas (10, 11, 17, 18 e 19), as alunas manifestaram conhecimento sobre justificativas ao usarem adequadamente o comando nas questões propostas. Porém, é preciso ressaltar que, na aula 10, Lara expressou confusão entre os conhecimentos de evidências e justificativa ao formular uma justificativa ao invés de uma evidência para a controvérsia sobre o uso de sacolas plásticas convencionais e biodegradáveis. Acreditamos que isso indique uma má compreensão de ambos os conceitos, pois Lara não reconheceu a sua resposta como uma evidência e nem como uma justificativa. Foi a professora quem a informou que o que ela havia dito seria uma justificativa e não uma evidência para o caso.

Em um curso de formação continuada para professores, voltado para o ensino de argumentação, McNeill e Knight (2013) observaram que os professores tiveram dificuldades para identificar o elemento justificativa em argumentos escritos dos alunos e relataram, ao longo do curso, dificuldades de compreensão do significado e da função de justificativas. As autoras relatam que, ao final do curso, os professores melhoraram o entendimento sobre o elemento justificativa, mas que a apresentação e o trabalho com o mesmo em sala de aula continuou sendo algo desafiador para eles. Pensando em nossa pesquisa, podemos afirmar que, em geral, as alunas não apresentaram dificuldades para entender o conceito de justificativa e apresentar justificativas adequadas ao longo das atividades propostas pela professora. Isto porque ao longo da disciplina as alunas:

- Manifestaram, exclusivamente, dúvidas ou dificuldades relacionadas ao conteúdo na aula introdutória (aula 2), com exceção de Lara;
- Deram indícios de compreender o papel da justificativa na elaboração de conclusões. Esses indícios foram provenientes tanto da tentativa de esclarecer o conceito para as colegas, como feito por Gisele e Maria, quanto da expressão de uma síntese da discussão feita por Isis e Rafaela; e
- Usaram o comando adequadamente nas questões propostas nos materiais das aulas simuladas.

Embora não tenhamos acesso ao processo de formação inicial vivenciado pelos professores investigados por McNeill e Knight (2013), acreditamos que essa diferença dos resultados entre a nossa pesquisa e a realizada pelas autoras pode ser decorrente do fato de, ao longo das disciplinas pedagógicas específicas da área de Ensino de Química (Prática de Ensino de Química I, II, III e IV e Estágio Supervisionado de Química I, II, III e IV), as alunas terem discutido as propostas de ensino de Química a partir de uma perspectiva construtivista, na qual o conhecimento é construído com os alunos e há a preocupação de apresentar as justificativas para o conhecimento que está sendo ensinado. Portanto, cremos que as alunas estavam habituadas a pensar sobre o porquê de cada conhecimento químico ao formularem propostas de ensino. Um indício que respalda a nossa crença é a dúvida de aluna Isis, expressa na aula 1, sobre a semelhança entre os planejamentos confeccionados na disciplina de ESQIII e planejamentos que seriam desenvolvidos focados no ensino por argumentação.

Outro resultado interessante do trabalho de McNeill e Knight (2013) foi o reconhecimento, por parte dos professores do curso de formação continuada, de que a apresentação de justificativas durante o processo de ensino é algo desafiador. Nossos dados não nos permitem afirmar qual visão as alunas tinham sobre o uso das justificativas. Entretanto, considerando as experiências vividas por elas anteriormente no curso, podemos pensar que elas estavam acostumadas a mobilizar as justificativas em seus planejamentos. Além disso, percebemos, durante as aulas simuladas, a exposição do elemento justificativa na construção dos enunciados pelas alunas. Por exemplo, na aula 18, Letícia e Lara apresentaram uma justificativa para a conclusão de que era necessário utilizar diferentes quantidades de água para os alimentos (castanha do Pará e amendoim) queimados na atividade experimental. Porém, reconhecemos que a mobilização das justificativas pode não ter ocorrido em todos os momentos de construção de enunciados.

Diante dessas considerações, julgamos que a disciplina PEQIV contribuiu para o conhecimento sobre justificativas das alunas em relação ao seu papel na construção de argumentos. Por outro lado, concluímos que a disciplina contribuiu parcialmente para o conhecimento sobre justificativas em situações de ensino.

Teoria Alternativa

Apresentamos no quadro 7.3 os aspectos das aulas de PEQIV que podem ter impactado no conhecimento sobre teoria alternativa das alunas e as manifestações relacionadas à aprendizagem deste elemento.

Aulas	Aspectos presentes na fala da professora	Manifestações das alunas relacionadas à aprendizagem
1		
2		
3		
4		
5 ¹⁶	Comentários sobre a capacidade de formular teoria alternativa.	Proposição de teorias alternativas.
6		
7	Definição do conceito de teoria alternativa.	
8	Retomada da definição do conceito de teoria alternativa.	
9		
10		Demonstração do conhecimento sobre teoria alternativa ao propor as questões da atividade. (Letícia e Gisele)
11		Demonstração do conhecimento sobre teoria alternativa ao propor as questões da atividade. (Maria e Isis)
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		

Quadro 7.3. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem de teoria alternativa.

Como evidenciado no estudo de caso, as discussões sobre a capacidade de formular teoria alternativa ocorreram nas aulas 5, 7 e 8. A capacidade de formular teoria alternativa foi,

¹⁶ Nessa aula, a partir da atividade ‘Crânio de Copérnico’, a professora comentou com as alunas sobre teorias alternativas, mas não chegou a apresentar uma definição do conceito.

pela primeira vez, apresentada a partir da atividade ‘Crânio de Copérnico’ (Anexo 3). Como mencionado anteriormente, as informações apresentadas no texto dessa atividade não permitem que seja elaborada uma conclusão definitiva sobre se o crânio pertencia ou não a Copérnico porque as informações são passíveis de dúvidas. Portanto, ao analisar as informações, o sujeito pode perceber uma relação entre elas (e/ou mesmo considerar algumas coincidências) e supor que o crânio encontrado pertencia a Copérnico. Porém, através da análise mais detalhada das informações é possível notar a fragilidade das mesmas quando consideradas isoladamente – situação em que nenhuma delas dá suporte à conclusão. Logo, ao fazer a análise das informações, duas possibilidades de respostas podem ser levantadas pelos sujeitos. Considerando a natureza da atividade e o relato apresentado nessa parte do estudo de caso, podemos afirmar que esta atividade criou condições para a apresentação da capacidade de elaborar teoria alternativa e, ainda, que as alunas conseguiram elaborar teorias alternativas ao formularem respostas diferentes da inicial. Por exemplo, o trio 1 (Maria, Isis e Rafaela), inicialmente havia respondido que talvez o crânio pertencesse a Copérnico, pois o conjunto de dados constituía uma evidência suficiente para sustentar essa possibilidade. Depois, as alunas elaboraram argumentos assumindo um posicionamento negativo e outro positivo, ou seja, formularam respostas diferentes da inicial – isto é, propuseram teorias alternativas.

Na aula 7, as alunas fizeram e discutiram a atividade ‘Boneco de Neve’ (Anexo 4). Nessa atividade, é apresentada a figura de dois bonecos de neve, sendo que um está vestido com um casaco preto e o outro não; e é informado que ambos possuem a mesma massa e estão em um mesmo ambiente. As alunas deveriam analisar a situação e responder qual dos bonecos de neve derreteria primeiro. Essa atividade permite múltiplas respostas, uma vez que, com as informações disponíveis, não é possível concluir com convicção qual será o boneco a derreter primeiro. Assim, ela oportuniza a formulação de argumentos, teorias alternativas, contra-argumentos e refutações.

Na aula 8, a professora discutiu com as alunas os capítulos 1 e 2 da dissertação ‘*Análise das capacidades argumentativas de professores de química recém-formados na Universidade Federal de Minas Gerais*’ (Correa, 2011), na qual o autor apresenta uma definição para a capacidade de propor teorias alternativas. Observamos que, ao discutir sobre a capacidade de propor teorias alternativas nas aulas 7 e 8, a professora não prolongou a discussão, pois julgava que as alunas haviam entendido o significado da capacidade a partir da experiência

vivenciada na aula 5, ao participarem da atividade 'Crânio de Copérnico'. Então, nessas aulas, a professora apenas retomou o conceito e apresentou a definição expressa por Correa (2011) para a capacidade de formular teoria alternativa.

As alunas manifestaram conhecimento sobre essa capacidade quando formularam seus planejamentos de aula simulada após as discussões sobre argumentação. Por exemplo, no planejamento da dupla Isis e Maria com o título 'Por que o cabelo quebra?', a primeira questão solicita que o sujeito aponte o motivo do cabelo da personagem ter quebrado. Na segunda questão, elas solicitam que o sujeito diga se ele acha que há outro motivo para a quebra do cabelo e justifique sua opinião, ou seja, elas solicitavam a elaboração de uma teoria alternativa.

Em relação às duas primeiras aulas simuladas, ressaltamos que, na primeira simulação, as alunas optaram por trabalhar com argumentação a partir de questões sociocientíficas, o que, a nosso ver, poderia favorecer a valorização de teorias alternativas, uma vez que essas questões envolvem tanto conhecimento científico como conhecimento de cunho social. Por exemplo, na aula 11, a atividade proposta por Isis e Maria permitia que os alunos apontassem outra teoria válida para a quebra do cabelo da personagem além do uso do formal. Por outro lado, na situação simulada final, as alunas deveriam ensinar um conteúdo químico através de uma estratégia pautada em argumentação, o que poderia limitar a valorização das teorias alternativas. Isto porque, naquele contexto, nem todas as teorias alternativas poderiam ser consideradas adequadas ou mesmo válidas até o final do processo, tendo em vista o objetivo de ensinar um conhecimento curricular. Porém, a valorização de teorias alternativas pode ocorrer no ensino de ciências através do uso de uma abordagem dialógica. Nesse tipo de abordagem, há a presença de diferentes pontos de vista e todos são valorizados e discutidos (Mortimer & Scott, 2003). Entretanto, apesar de reconhecermos a relação entre teorias alternativas e abordagem dialógica, não podemos afirmar que as alunas respeitaram as diferentes teorias dos alunos porque as valorizavam. É preciso considerar que as alunas tinham um tempo determinado para finalizar a aula e para ensinar um conteúdo químico, o que pode ter contribuído para que elas não discutissem essas ideias alternativas desde o primeiro momento. Então, somente a partir dos dados coletados neste trabalho, não é possível inferir os motivos que levaram as alunas a permitir a livre manifestação das ideias alternativas por parte dos participantes.

Diante da impossibilidade de inferir o conhecimento sobre teoria alternativa das alunas em situações de ensino, uma consideração sobre a relação entre a capacidade de propor teorias alternativas e a argumentação individual se torna fundamental. Kuhn (1991) salienta que argumentação pode ocorrer tanto de forma individual (por exemplo, quando produzimos um texto dissertativo) quanto de forma social (por exemplo, em uma discussão entre amigos). Entretanto, o que a autora defende é que em ambas as formas a argumentação pode ser entendida como uma prática social. Isto porque, mesmo nas situações individuais há presença do ouvinte, porém ela é implícita. Isso significa dizer que, ao escrever um discurso, texto ou elaborar um argumento oral, temos em vista um possível ouvinte e podemos antecipar alguma de suas ações: identificação de uma falha em nossa teoria ou apresentação de outro posicionamento para aquela situação. Destacamos que concordamos com Kuhn sobre o caráter social da prática argumentativa, mas usaremos os termos ‘social’ e ‘individual’ para diferenciar as situações nas quais há presença concreta do interlocutor e nas quais não há. Dessa forma, podemos conceber a capacidade de propor teoria alternativa como um conhecimento tanto da argumentação individual quanto da social. Particularmente no caso da argumentação individual, isto se justifica porque ela diz respeito à capacidade do sujeito de pensar em uma teoria diferente daquela que foi apresentada inicialmente, tendo em vista o mesmo conjunto de dados – algo cuja manifestação é difícil de ser observada no âmbito social.

Neste trabalho, admitimos a capacidade de formular teorias alternativas como um conhecimento essencial ao professor, pois ela esta associada à capacidade do docente de reconhecer que na ciência há a possibilidade de ocorrer múltiplas interpretações a partir de um mesmo conjunto de dados e que, portanto, é possível existir mais de uma explicação sobre o mesmo fenômeno. Em termos do processo de ensino, essa capacidade se refere à valorização das interpretações alternativas dos alunos a partir do mesmo conjunto de dados. Considerando a nossa visão sobre essa capacidade e o fato de ela estar imbricada na argumentação individual, julgamos que a capacidade de elaborar teorias alternativas é difícil de ser percebida na discussão das atividades simuladas, por estar implícita na prática do professor. Logo, utilizando apenas esses dados, não podemos inferir se as alunas permitiram que os participantes da simulação manifestassem suas teorias alternativas livremente por valorizarem o papel das mesmas na discussão ou por não conseguirem apresentar uma refutação a tais teorias. Julgamos que essa análise só pode ser feita a partir de situações em que o professor crie teorias alternativas, explicita esse conhecimento (como na proposição de

questões), ou expresse considerar importante à valorização das diferentes teorias e a possibilidade de sua ocorrência nos discursos.

Além do uso da abordagem dialógica, cremos que outra forma de valorizar as teorias alternativas é por meio do uso de casos históricos, os quais podem possibilitar a discussão sobre múltiplas interpretações coerentes a partir de um mesmo conjunto de dados. Assim, as discussões sobre a existência de teorias alternativas na ciência podem favorecer o ensino sobre de ciências, uma vez que podem contribuir para o entendimento do aluno sobre o processo de construção do conhecimento científico. Vale destacar que, em nenhum momento as alunas mencionaram espontaneamente ter intenção de trabalhar com casos históricos em suas aulas, apesar de essa ter sido uma maneira apresentada pela professora para discutir a ocorrência de teoria alternativa na ciência. Mais uma vez, destacamos que as alunas tinham um tempo determinado para ministrar uma aula de Química que deveria envolver argumentação, experimentação e atividade investigativa. Entretanto, não podemos afirmar que elas utilizariam casos históricos se o tempo disponível para a simulação fosse maior.

Em relação à presença de teorias alternativas na ciência, não podemos inferir se as alunas reconhecem a importância dessa discussão no ensino, pois não foi feito nenhum tipo de questionamento sobre isso. Além disso, não observamos, durante o processo de ensino, discussões sobre a relação entre a capacidade de propor teorias alternativas e a sua ocorrência na ciência ou para a prática científica de argumentar. A única consideração que podemos fazer nesse sentido, é que a professora deu uma indicação de como discutir teorias alternativas com os alunos a partir de casos históricos. Em geral, julgamos que quando o conhecimento sobre teorias alternativas na ciência não é discutido explicitamente com os alunos, ou seja, quando não há reflexão sobre a sua importância para a prática científica, o reconhecimento nessa dimensão se torna mais dependente da visão de ciência do professor e de sua crença no ensino autêntico de ciências. Isto porque o conhecimento conceitual sobre teorias alternativas diz respeito apenas à capacidade do sujeito de pensar em outro argumento diferente do seu argumento inicial. Logo, não há nenhum aspecto no domínio desse conhecimento diretamente associado à prática científica. Em outras palavras, o fato de um indivíduo perceber a possibilidade de outras respostas diferente da sua não garante que ele reconheça essa mesma possibilidade no âmbito científico, pois esse indivíduo pode ter uma visão de que o conhecimento científico é correto (ou verdade absoluta) e não reconhecer a necessidade de interpretação dos dados para a construção dos enunciados, o que permite a construção de

teorias alternativas. Dessa forma, ele não reconheceria a possibilidade de ocorrência de teorias alternativas na ciência e, no contexto de ensino, não discutiria esse aspecto da natureza da ciência. Daí a necessidade de as discussões sobre a possibilidade de ocorrer teorias alternativas na ciência serem explícitas e de os licenciandos terem oportunidades de refletir sobre essa possibilidade durante a formação inicial.

Por fim, tendo em vista os nossos dados, o que podemos afirmar é que as alunas demonstraram conhecimento conceitual sobre teorias alternativas ao elaborar questões que oportunizavam a elaboração dessa capacidade pelos estudantes e ao elaborar teorias alternativas na aula 5. Logo, julgamos que a disciplina PEQIV contribuiu para o conhecimento conceitual sobre teoria alternativas das alunas. Entretanto, podemos afirmar que a disciplina não contribuiu explicitamente em relação à mobilização do conhecimento de teorias alternativas em situações de ensino de ciências, uma vez que não observamos nenhum tipo de discussão ou reflexão sobre a importância desse conhecimento no âmbito científico e social.

Contra-argumento

Apresentamos no quadro 7.4 os aspectos das aulas de PEQIV que podem ter impactado no conhecimento sobre contra-argumento das alunas, bem como as manifestações relacionadas à aprendizagem deste elemento.

Aulas	Aspectos presentes na fala da professora	Manifestações das alunas relacionadas à aprendizagem
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7	Apresentação do conceito de contra-argumento.	
8	Retomada da definição de contra-argumento.	Comentário sobre a dificuldade de formular argumentos dessa natureza. (Gisele)
9		
10		
11		Demonstração de conhecimento sobre contra-argumento ao propor as questões da atividade. (Maria e Isis)

12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		

Quadro 7.4. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem de contra-argumento.

As discussões sobre a capacidade de contra-argumentar ocorreram nas aulas 7 e 8. Como mencionado anteriormente, na aula 7 as alunas fizeram e discutiram a atividade ‘Boneco de Neve’ (Anexo 4), a qual favorece a manifestação de contra-argumentos ao solicitar que o sujeito pense em algo que pode falsificar seu ponto de vista. Na aula 8, as alunas discutiram com a professora o texto ‘*Análise das capacidades argumentativas de professores de química recém-formados na Universidade Federal de Minas Gerais*’ (Correa, 2011), no qual o autor apresenta uma definição para a capacidade de contra-argumentar. Em geral, as discussões sobre a capacidade de contra-argumentar giraram em torno do conceito e da dificuldade de manifestação dessa capacidade.

Diferente do que aconteceu com a capacidade de propor teoria alternativa, percebemos que as alunas manifestaram dificuldade em elaborar contra-argumentos. Como relatado na parte do estudo de caso referente à aula 7, Gisele atribuiu essa dificuldade de formular um contra-argumento ao fato de ela pensar nas limitações do seu argumento antes mesmo de expressá-lo. Entretanto, Rafaela argumentou que isso não acontecia com todas as pessoas, pois há pessoas que acreditam que estão completamente certas. Diante disso, não conseguimos definir, a partir da opinião das alunas, a origem da dificuldade em trabalhar com a capacidade de elaborar contra-argumentos, pois esta pode ser oriunda da dificuldade de reconhecer pontos falhos em seus argumentos ou de expressar o contra-argumento estabelecido durante a construção de uma teoria.

Embora tenhamos tido dificuldade para inferir o conhecimento sobre a capacidade de contra-argumentar, julgamos que Isis e Maria manifestaram este conhecimento ao propor as questões da atividade ‘Por que o cabelo quebra?’ (Anexo 7). Isto porque, ao discutir com a professora sobre as questões formuladas, as alunas disseram que a questão 2 (‘Você acha que

existe outro motivo para o cabelo de Deby ter caído? Se sim, qual? Justifique a partir de seus conhecimentos prévios e das informações fornecidas.’) poderia favorecer a contra-argumentação, pois o fato de o sujeito reconhecer que há outras causas para a quebra do cabelo de Deby pode contribuir para que ele aponte um aspecto falho em seu argumento inicial. Em outras palavras, ao propor a questão, as alunas consideraram que o fato de um sujeito admitir que haja outras respostas possíveis pode levá-lo a reconhecer a limitação de sua resposta.

Entendemos que o professor precisa do conhecimento sobre a capacidade de formular contra-argumentos, pois o trabalho dessa capacidade em sala de aula pode favorecer possíveis contribuições da argumentação para a educação científica e a educação cidadã. Pensando no ensino de ciências de forma autêntica, o entendimento sobre contra-argumentação é importante para que o professor possa estimular os estudantes a reconhecer as limitações em suas teorias, explicações e argumentos e a discutir as limitações apontadas com os colegas. Dessa forma, o professor tem a oportunidade de discutir com os estudantes uma forma de construir conhecimento científico: a partir do apontamento das limitações pelos próprios pesquisadores sobre suas teorias ou conclusões.

Considerando a formação cidadã, julgamos que o conhecimento sobre a capacidade de contra-argumentar é essencial para que o professor discuta com os estudantes sobre a importância de eles reconhecerem os pontos falhos de seus argumentos para construírem argumentos mais fortes e de eles serem mais críticos na elaboração de argumentos. Em outras palavras, o fato de o sujeito adiantar os pontos fracos de seus argumentos – isto é, contra-argumentar – permite que ele busque elementos para sustentar seu ponto de vista e, assim dificulte a refutação ou, ainda, preveja refutações e antecipe seus argumentos de réplica.

Diante dessas considerações, podemos supor que o entendimento do professor sobre a capacidade de contra-argumentar pode ser percebido em situações de ensino quando ele valoriza o apontamento das limitações nos enunciados científicos ou nos argumentos dos alunos. Dessa forma, podemos dizer que é possível inferir o conhecimento do professor a partir de suas discussões em sala na perspectiva da educação cidadã e científica. Vale destacar que, em relação à educação científica, o conhecimento sobre contra-argumento pode estar fortemente associado à visão de ciências do professor, pois caso ele não considere ou reconheça que os cientistas apontam limitações em suas ideias e que isso contribui para a

construção do conhecimento, possivelmente não perceberá a importância da capacidade de contra-argumentar nesse sentido.

Em resumo, o que pudemos perceber foi que as alunas manifestaram conhecimento conceitual sobre a capacidade de contra-argumentar ao formular questões no primeiro material proposto. Embora os materiais utilizados na primeira aula simulada favorecessem a elaboração de contra-argumentos pelos participantes, não percebemos discussões sobre a importância dessa capacidade para a formação cidadã dos estudantes. Além disso, notamos que em nenhuma das aulas simuladas as alunas discutiram a manifestação de contra-argumentos na ciência. Mais uma vez, cremos que o fato de as aulas simuladas terem ocorrido em um tempo determinado (100 minutos) pode ter contribuído para que as alunas não pensassem em trabalhar aspectos da natureza da ciência (que poderiam favorecer a discussão sobre contra-argumentos). Porém, mais uma vez, salientamos que as alunas não mencionaram qualquer intenção de discutir aspectos dessa natureza, o que nos impossibilita afirmar que em outra situação isso ocorreria de forma diferente.

Por fim, podemos afirmar que a disciplina PEQIV contribuiu para o conhecimento conceitual sobre capacidade de contra-argumentar das alunas. Por outro lado, podemos dizer que a disciplina não contribuiu explicitamente para o conhecimento das alunas sobre contra-argumentação para as discussões em sala de aula. Isto porque, durante as aulas 7 e 8, nas quais o conceito foi apresentado e discutido, não houve nenhuma reflexão sobre a importância do contra-argumento para a argumentação científica e social. Em geral, as discussões giraram em torno do conceito e da dificuldade de o sujeito formular contra-argumentos. Logo, é plausível afirmar que o ensino sobre a capacidade de contra-argumentar para as situações de ensino foi implícito. Por isso, sem mais dados, não podemos dizer se as alunas desenvolveram esse conhecimento. Em outras palavras, o fato de as alunas não discutirem sobre a importância da contra-argumentação para a ciência e para a formação cidadã pode estar associado tanto à falta de conhecimento sobre contra-argumentação em situações de ensino quanto à falta de tempo para a realização dessas discussões.

Refutação

Apresentamos no quadro 7.5 os aspectos das aulas de PEQIV que podem ter impactado no conhecimento de refutação das alunas e as manifestações relacionadas à aprendizagem deste.

Aulas	Aspectos presentes na fala da professora	Manifestações das alunas relacionadas à aprendizagem
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7	Definição do conceito de refutação.	
8	Retomada do conceito de refutação.	
9		
10		Demonstração do conhecimento ao propor as questões da atividade. (Letícia e Gisele)
11		Demonstração do conhecimento ao propor as questões da atividade. (Maria e Isis)
12		
13		
14		
15		
16		
17		Apresentação de uma refutação aos argumentos dos alunos. (Gisele) Apresentação de uma evidência que refutou a justificativa do grupo 3 para o fato de a água ter entrado em ebulição. (Gisele) Apresentação de uma refutação ao argumento de uma das alunas. (Isis)
18		
19		Falta de refutação ao argumento de densidade expresso por Gisele para a diferença de “arraste” entre o pigmento azul e roxo. (Isis e Rafaela)

Quadro 7.5. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem de refutação.

Como evidenciado no estudo de caso, as discussões sobre a capacidade argumentativa de propor refutação ocorreram nas aulas 7 e 8. Na aula 7, as alunas fizeram e discutiram a atividade ‘Boneco de Neve’ (Anexo 4). Nessa atividade é apresentado o ponto de vista dos

bonecos de neve para o fato de cada um deles derreter primeiro. Logo, a atividade oportuniza a refutação ao solicitar que o sujeito refute o ponto de vista não escolhido por ele. Na aula 8, as alunas discutiram com a professora o texto '*Análise das capacidades argumentativas de professores de química recém-formados na Universidade Federal de Minas Gerais*' (Correa, 2011), no qual o autor apresenta uma definição para a capacidade de refutar. Em geral, as discussões sobre o conteúdo de refutação giraram em torno da definição do conceito. Acreditamos que as ações da professora foram direcionadas apenas nesse sentido porque a partir dessas discussões as alunas não manifestaram nenhum tipo de dúvida ou deram indícios de má compreensão sobre esta capacidade.

Nas aulas 10 e 11, como descrito nessa parte do estudo de caso, as alunas apresentaram uma aula simulada envolvendo explicitamente a argumentação. Tendo em vista os planejamentos confeccionados pelas duplas Letícia e Gisele (Anexo 6) e Isis e Maria (Anexo 7), acreditamos que estas alunas demonstraram entendimento sobre refutação, pois souberam formular questões que permitiam aos sujeitos elaborar uma refutação. Por exemplo, Gisele e Letícia confeccionaram uma proposta sobre dietas alimentares na qual inicialmente o sujeito deveria escolher uma entre das três dietas apresentadas. A segunda questão dessa atividade oportuniza a manifestação de uma refutação ao perguntar o porquê do sujeito não ter escolhido as outras duas dietas. Vale lembrar que, naquela atividade, as alunas Rafaela e Lara não planejaram uma atividade que envolvia questões. Logo, as considerações feitas para as demais alunas em relação à compreensão do significado de refutação não se aplicam a elas.

Na aula 17, aula simulada da aluna Gisele, observamos que ela teve dificuldade em elaborar refutações para os argumentos dos participantes da simulação. Por exemplo, ao questionar os alunos sobre o entendimento deles a respeito de interação intermolecular, Lara respondeu que a interação nesse sistema significa que a molécula de água engloba as moléculas de açúcar. Embora a resposta formulada por Lara não fosse adequada e expresse uma concepção alternativa do fenômeno, Gisele não apresentou nenhuma refutação a esse argumento. Porém, ao solicitar que os alunos explicassem a observação de que a água entrou em ebulição, ela refutou a ideia de um dos grupos de que a água entrou em ebulição assim que teve contato com o ebulidor. Isto foi feito enfatizando a evidência de que o ebulidor só foi ligado após a sua imersão no recipiente com água. Tendo em vista a dificuldade apresentada pela aluna em refutar várias ideias inadequadas e, ao mesmo tempo, a manifestação de uma

refutação, julgamos que o fato de Gisele não ter apresentado refutações a todos os argumentos inadequados dos participantes pode estar relacionado a outras causas além do conhecimento sobre refutação da aluna. É preciso considerar que a situação vivenciada pela aluna era uma aula simulada que tinha o caráter de avaliação e precisava ser executada em um tempo determinado. Entretanto, não podemos afirmar que os resultados seriam diferentes em uma situação real tendo em vista que essa aula contou com maior número de participantes e que eles cursavam diferentes períodos do curso de Química (isto é, seus conhecimentos sobre o tema eram heterogêneos) – o que contribuiu para a criação de oportunidades para a refutação.

Ainda na aula 17, um dos grupos de alunos justificou o cessar da ebulição após adição de açúcar com a ideia de que o açúcar formava uma “barreira”. Diante disso, Gisele questionou se essa “barreira” seria física. Naquele momento, observamos que a aluna Isis manifestou um argumento de refutação ao dizer que, ao adicionar o açúcar, o mesmo vai para o fundo do recipiente e, portanto, não poderia formar uma “barreira física” como estava sendo sugerido. Diante da fala da aluna, acreditamos que a mesma tenha manifestado a habilidade de refutar, pois soube como invalidar a teoria do grupo a partir do uso das evidências disponíveis.

Apesar de Isis ter proposto uma refutação na aula 17, na aula 19 (aula simulada), não percebemos por parte da aluna a manifestação dessa habilidade. Por exemplo, Isis e Rafaela questionaram as alunas sobre o porquê de o pigmento azul ser mais arrastado pela água do que o pigmento roxo. Gisele respondeu que um pigmento era mais ‘pesado’ do que o outro e que, por isso, eles eram arrastados de forma diferente. Apesar da resposta da aluna não ser adequada cientificamente para o fenômeno, elas não conseguiram expressar uma refutação a esse argumento. Vale destacar que essa dificuldade pode estar associada à falta de dados relacionados à maior interação do pigmento com um solvente polar do que com um solvente apolar, isto é, dados que assumiriam o papel de evidências no argumento de refutação. Contudo, não podemos afirmar que na presença desses dados haveria a ocorrência de refutação. É importante frisar que o ato de refutar permeia o nosso cotidiano (por exemplo, ao explicar porque escolhemos um produto de uma marca X no supermercado e não da marca Y, estamos produzindo um argumento de refutação). Portanto, Isis pode ter conseguido refutar a ideia de uma colega na aula 17 por essa situação ser mais próxima de uma situação cotidiana, na qual temos liberdade para discordar do interlocutor. Por outro lado, nas situações de

ensino precisamos apresentar refutações baseadas em evidências e justificativas respaldadas pelos conhecimentos científicos, e isto pode ter limitado a capacidade argumentativa das alunas.

Considerando o caso de Isis, podemos inferir que há uma diferença entre a mobilização do conhecimento de refutação nas situações de discussões entre os pares (por exemplo, como ocorreu na aula 17) e a mobilização desse conhecimento em situações de ensino (por exemplo, aula 19). Logo, cremos que a mobilização do conhecimento sobre refutação em uma situação de ensino, mesmo que simulada, depende de outros conhecimentos do professor como, por exemplo, o conhecimento de conteúdo químico, o conhecimento sobre materiais instrucionais, habilidades para conduzir situações argumentativas etc.

É importante ressaltar que não conseguimos perceber, na aula 18, situações tão favoráveis à manifestação de refutações como nas aulas 17 e 19. Isto nos impediu de analisar o conhecimento sobre refutação das alunas Letícia e Lara em situações de discussão com os alunos. No caso dessas alunas, só pudemos inferir seus conhecimentos sobre a capacidade de refutação a partir dos materiais elaborados para a primeira aula simulada, uma vez que todos os materiais ou propostas confeccionadas por elas naquele momento apresentavam questões que favoreciam a apresentação de argumentos de refutação. Sendo assim, consideramos que a disciplina PEQIV impactou no conhecimento de refutação dessas alunas em termos de sua definição. Em outras palavras, a disciplina contribuiu para que elas aprendessem o conceito de refutação e o aplicassem em questões confeccionadas para os materiais instrucionais.

Tendo em vista a dimensão dialógica, que está relacionada às intenções da argumentação – persuasão (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2008); e estabelecimento de consenso em uma audiência sobre a adequação de um enunciado (Driver et al., 2000) – podemos afirmar que a refutação é um elemento presente em um processo de ensino de ciências que busca favorecer a interação entre os estudantes e a exposição de seus pontos de vista (o que fomenta a apresentação de diferentes pontos de vista em sala de aula), e que busca estabelecer consenso entre os estudantes sobre o modo de conceber o mundo a partir do ponto de vista científico (Duschl & Osborne, 2002). Em outras palavras, as simulações vivenciadas pelas alunas constituem em cenário válido para análise de refutações em situações dialógicas, pois, durante as simulações, os participantes apresentaram diferentes pontos de vistas sobre as discussões, apresentaram ideias inadequadas do ponto de vista científico, e as

alunas buscaram trabalhar em uma perspectiva construtivista. Então, podemos dizer que o ensino do conhecimento curricular ocorreria através de um processo de construção do conhecimento, no qual os alunos seriam convencidos do poder explicativo das teorias científicas frente as suas teorias próprias teorias.

Por exemplo, na situação da aula 17, Isis e Rafaela tinham o objetivo de discutir sobre interações intermoleculares a partir do experimento de cromatografia em papel. Isto é, o objetivo das alunas era utilizar as evidências experimentais para convencer os estudantes de que o arraste do pigmento no papel se deve às interações dele com a água e não pela velocidade atribuída ao pigmento, ao peso do pigmento etc. Nesse caso, a refutação seria essencial para convencer o estudante sobre o poder explicativo da teoria científica. Isso fica mais claro quando observamos o argumento de Gisele durante a simulação, o qual expressa a relação entre o peso do pigmento e a sua capacidade de ser arrastado. Podemos dizer que em uma situação real de ensino, o argumento baseado no conceito de densidade pode ser tão lógico para um estudante quanto o argumento baseado no conceito de interações intermoleculares, pois ambos podem explicar, em algum nível, o fato de um pigmento ser mais arrastado do que outro. Então, sem uma refutação adequada para a teoria baseada em densidade, o aluno não seria convencido de que o arraste do pigmento no papel é resultante das interações entre o soluto e o solvente e não do peso do soluto.

Em suma, podemos afirmar que a disciplina PEQIV não favoreceu o desenvolvimento do conhecimento das alunas sobre a capacidade de refutar em situações de ensino. Porém, reconhecemos que esse conhecimento parece estar relacionado a outros conhecimentos como, por exemplo, os conhecimentos de evidências, de conteúdo químico, e de estratégias de ensino. Além disso, destacamos que a capacidade das alunas de propor refutações em situações dialógicas pode ter sido comprometida pelos fatos de as simulações constituírem parte da avaliação da disciplina; de o tempo de execução das mesmas ter sido determinado; e da necessidade de atingir os objetivos da aula planejada.

Conhecimentos para ação docente em argumentação

Nessa seção, apresentamos as discussões dos resultados relacionadas aos conhecimentos para a ação docente em argumentação, os quais dizem respeito aos conhecimentos essenciais ao professor para ensinar por argumentação. Uma vez que esse tipo de conhecimento contempla os elementos estratégias de ensino, materiais instrucionais, e

habilidades para conduzir situações argumentativas, optamos por criar subseções que dizem respeito a cada um desses itens. Como na seção anterior, em cada subseção apresentamos um quadro que sintetiza os aspectos relacionados à aprendizagem do elemento em questão em cada aula.

Estratégia de Ensino

Apresentamos no quadro 7.6 os aspectos das aulas de PEQIV que podem ter impactado no conhecimento sobre estratégias de ensino das alunas e as manifestações relacionadas a esta aprendizagem.

Aulas	Aspectos presentes na fala da professora	Manifestações das alunas relacionadas à aprendizagem
1		
2	Favorecimento da prática argumentativa a partir do uso de questões abertas.	
3	Questionamentos do professor que favorecem o estabelecimento de consenso em sala de aula. Uso de trabalho em duplas.	
4		Reconhecimento sobre as estratégias que favorecem a argumentação. (Todas as alunas)
5	Destaque para o uso de simulações de papéis durante discussão com o grupo 1.	
6	Utilização de casos históricos.	
7		
8		
9		
10	Sugestão de como trabalhar com o júri simulado.	Destaque de uma estratégia favorável à argumentação: júri simulado. (Maria) Elaboração de uma proposta para discutir uma questão sociocientífica. (Lara e Rafaela) Elaboração de um planejamento envolvendo uma questão sociocientífica. (Letícia e Gisele)
11	Reforço de características das atividades sociocientíficas.	Elaboração de um planejamento envolvendo uma questão sociocientífica. (Maria e Isis)
12	Estabelecimento de relações entre argumentação e atividades investigativas.	
13		
14		

15		
16		
17		Solicitação da apresentação de justificativas para as suas observações experimentais aos alunos. (Gisele)
18		Solicitação da apresentação de justificativas para os procedimentos realizados durante a experimentação aos alunos. (Letícia e Lara)
19		Solicitação da apresentação de explicações para as observações experimentais aos alunos. (Isis e Rafaela) Realização de questionamentos. (Isis)

Quadro 7.6. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem do conhecimento de estratégias de ensino.

Como evidenciado no estudo de caso, as contribuições da professora em relação às estratégias de ensino ocorreram nas aulas 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12 e 14. Em geral, observamos que a professora indicou aspectos relacionados às estratégias favoráveis ao ensino por argumentação entre as aulas 1 e 11, as quais foram destinadas à discussão explícita sobre o tema e nas aulas 12 e 14, nas quais ela estabeleceu as relações entre as atividades investigativas e a argumentação. As discussões sobre esse elemento giraram em torno das formulações de questões e das abordagens que podem fomentar a argumentação em sala de aula.

Notamos, na parte do estudo de caso da aula 2, na qual as alunas discutiram suas primeiras impressões sobre a atividade que envolvia argumentação explicitamente e discutiram o primeiro texto relacionado à temática, que a professora destacou a importância de o professor saber estimular o envolvimento dos alunos na prática argumentativa a partir de questões abertas, as quais devem instigar os alunos a apresentar suas respostas. Acreditamos que foi importante a professora chamar atenção das alunas para a necessidade de fazer perguntas que realmente estimulem os alunos a se engajar em situações argumentativas em sala de aula pois, como destacado pela própria professora na aula 1, muitos alunos creem, ingenuamente, que apenas o fato de o aluno emitir uma opinião significa que o mesmo está argumentando. Logo, destacar essa necessidade praticamente na primeira aula do tema pode ter sido fundamental para que as alunas comessem a construir o significado de argumentação em sala de aula.

Como destacado na parte do estudo de caso da aula 3, na qual as alunas terminaram de discutir a atividade 'Halloween Crush' (Anexo 1) e começaram a fazer a atividade 'Por que sabemos o que sabemos?' (Anexo 2), a professora iniciou a aula chamando a atenção das alunas para o fato de que nas atividades argumentativas pode não haver consenso entre as possíveis múltiplas respostas. A partir disso, a professora destacou alguns questionamentos que ela havia feito durante a atividade 'Halloween Crush' (Anexo 1) para que as alunas chegassem a um consenso ou reconhecessem a validade das diferentes interpretações para as razões apresentadas no problema. Julgamos que a estratégia de usar questões para levar os alunos a refletir sobre as diferenças nas respostas apresentadas (por exemplo, 'você concorda com esse grupo?') são fundamentais para fomentar a argumentação em sala de aula. Isto porque, a partir desse tipo de questionamento, os alunos podem: (i) ser levados a refletir sobre seus argumentos, o que pode gerar a manifestação de um contra-argumento quando reconhecem uma limitação; (ii) analisar os argumentos diferentes e apresentar uma refutação aos argumentos alheios; ou (iii) chegar à conclusão de que ambos os argumentos são válidos, o que poderia implicar no reconhecimento da possibilidade de interpretações alternativas dos dados à luz de conhecimento diferente.

Em relação ao uso de questões abertas para estimular a prática argumentativa em sala de aula, todas as alunas demonstraram ter conhecimento dessa estratégia instrucional. Percebemos isso, nitidamente, durante as aulas 17, 18 e 19, nas quais as alunas apresentaram suas aulas simuladas finais, porque elas buscaram fazer questionamentos aos participantes da simulação para instiga-los a expressar suas justificativas, observações e posicionamentos frente às situações. Por exemplo, após a experimentação, as alunas sempre questionavam os participantes sobre suas observações e sobre as justificativas para as mesmas. Entretanto, Isis apresentou dificuldades em formular questões ao propor questionamentos muito amplos durante sua aula simulada final (aula 19). Entretanto, é preciso considerar que as disciplinas de conteúdo pedagógico específico de ensino de Química vivenciadas pelas alunas durante o curso de Licenciatura em Química são pautadas em uma perspectiva construtivista de ensino, na qual há a valorização das ideias e participação dos alunos nas situações de ensino. Portanto, o fato de as alunas utilizarem questões abertas durante as simulações pode estar associado a discussões ocorridas em outras disciplinas pedagógicas específicas do ensino de Química e, não apenas à disciplina investigada nesse trabalho.

Vários autores têm considerado o uso de questões abertas como uma estratégia favorável para o desenvolvimento da argumentação em sala de aula (Evagorou & Dillon, 2011; McNeill & Knight, 2013; McNeill & Pimentel, 2010; Simon et al., 2006). Nesse sentido, julgamos que a disciplina PEQIV contribuiu positivamente no desenvolvimento do conhecimento de estratégias de ensino das alunas, pois elas conseguiram formular questões que solicitavam a apresentação de evidências e justificativas, além de fomentarem a prática argumentativa em sala de aula. A nosso ver, isso ocorreu em função de a professora ter destacado alguns tipos de questionamentos que favorecem a prática argumentativa durante o processo de ensino e de as alunas terem vivenciado várias discussões de atividades investigativas.

Com relação à estratégia de simulações de papéis, como apontado na parte do estudo de caso referente à aula 5, destacamos que essa indicação da professora ficou restrita a uma discussão com algumas alunas (Maria, Isis e Rafaela). Logo, acreditamos que a sugestão de Maria, durante a aula 10, para trabalhar a questão controversa do uso de sacolas plásticas por simulações de papéis pode estar associada à sugestão da professora. Por outro lado, julgamos que a escolha da dupla Lara e Rafaela em relação ao uso do júri simulado tenha partido de uma conversa com a professora formadora durante as aulas destinadas à elaboração da proposta, na qual ela sugeriu o uso dessa estratégia a essas alunas. Lara e Rafaela demonstraram entender a estratégia ao pensar nos personagens diversos do júri simulado e nos posicionamentos apresentados por eles.

Percebemos que nas aulas 5, 6, 10, 11 e 12 as ações da professora foram direcionadas a apresentar ou discutir algumas formas ou abordagens que as alunas poderiam utilizar em suas salas de aulas para fomentar a argumentação (por exemplo, uso de júri simulado e atividades investigativas). Observamos que a estratégia envolvendo uso de questões sociocientíficas foi a que parece ter tido mais impacto na formação das alunas, ou maior aceitação por parte delas. Isto porque, como evidenciado na parte do estudo do caso referente às aulas 10 e 11, todas as alunas optaram por trabalhar com questões sociocientíficas em seus planejamentos direcionados explicitamente ao uso da argumentação.

Diante disso, podemos considerar que outra contribuição da disciplina PEQIV ao conhecimento de estratégias de ensino favoráveis ao ensino por argumentação diz respeito ao uso de questões sociocientíficas no ensino de ciências. As questões sociocientíficas são baseadas em conceitos ou problemas científicos, são controversas por natureza e podem ser

influenciadas por aspectos políticos e sociais (Jiménez-Aleixandre, 2010). Devido a essa natureza, muitos autores têm apostado no uso dessas questões para favorecer a argumentação em sala de aula e o desenvolvimento da alfabetização científica dos estudantes (Dawson & Venville, 2010; Jiménez-Aleixandre & Pereiro Muñoz, 2002; Sadler & Donnelly, 2006), pois elas permitem, dentre outras ações, que os estudantes avaliem os argumentos apresentados com base nas evidências e estabeleçam a validade dos argumentos.

Portanto, uma vez que as questões sociocientíficas podem contribuir para a formação cidadã do estudante (Jiménez-Aleixandre, 2010), ou seja, podem favorecer o desenvolvimento do raciocínio crítico do estudante para que ele possa tomar decisões de forma crítica em seu cotidiano, cremos que a influência da disciplina PEQIV no conhecimento de estratégia de ensino nesse sentido significa uma contribuição positiva para a formação das alunas. Isto porque esse conhecimento pode implicar na utilização de questões sociocientíficas pelas alunas em suas futuras salas de aula, o que poderia contribuir para a formação cidadã de seus alunos.

Materiais Instrucionais

O quadro 7.7 apresenta os aspectos das aulas de PEQIV que podem ter impactado no conhecimento de materiais instrucionais das alunas, assim como as manifestações das alunas relacionadas à aprendizagem deste.

Aulas	Aspectos presentes na fala da professora	Manifestações das alunas relacionadas à aprendizagem
1	Características dos materiais direcionados ao ensino explícito de argumentação. Reforço das características dos materiais direcionados à argumentação explícita.	Estabelecimento de igualdade entre os planejamentos na perspectiva construtivista e os direcionado ao ensino explícito de argumentação. (Isis) Reconhecimento das diferenças entre os materiais construtivistas e os direcionados ao ensino explícito de argumentação. (Isis)
2	Adequação dos comandos ao objetivo da questão.	
3	Características dos materiais e possibilidade de respostas não consensuais.	Reconhecimento referente às características essenciais dos materiais direcionadas à argumentação. (Todas as alunas)
4	Reforço das características dos materiais direcionados ao ensino explícito.	Reconhecimento da importância dos materiais favoráveis à prática argumentativa. (Todas as alunas)
5	Uso de texto que apresenta dados que precisam ser interpretados	

	para a construção de conclusões.	
6		
7	Destaque para o caráter aberto na atividade para a manifestação de capacidades argumentativas.	
8		
9	Apresentação de materiais de natureza sociocientífica. Características dos materiais de cunho científico e sociocientífico. Destaque das relações entre atividades sociocientíficas e aprendizagem sobre ciências.	Reconhecimento das diferenças dos materiais científicos, sociocientíficos e sociais. (Todas as alunas)
10		Confecção de um texto com poucos dados que poderiam ser usados como evidências, sendo essas evidências muito complexas para alunos do ensino médio. (Lara e Rafaela) Apresentação de uma atividade com: informações que poderiam ser usadas como evidências, possibilidade de múltiplas interpretações e questões envolvendo as habilidades argumentativas. (Letícia e Gisele)
11		Apresentação de questões que envolviam as habilidades argumentativas. (Maria e Isis)
12		
13		
14	Destaque das potencialidades dos experimentos investigativos para favorecerem a argumentação.	
15		Formulação de questões direcionadas à coleta de dados e à análise das evidências. (Lara e Rafaela) Transformação dos experimentos verificacionais em investigativos. (Todas as alunas)
16	Características essenciais às atividades investigativas para favorecer a argumentação.	
17		Confecção de um material que solicitava que os alunos justificassem suas observações e que abordava as capacidades argumentativas a partir trabalho com modelos. (Gisele)
18		Criação de um material com possibilidade de múltiplas respostas. (Letícia e Lara)
19		Confecção de um material que abordava as capacidades argumentativas a partir do trabalho com modelos. (Isis e Rafaela)

Quadro 7.7. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem do conhecimento de materiais instrucionais.

Como evidenciado no estudo de caso, as discussões sobre materiais instrucionais favoráveis à prática argumentativa ocorreram nas aulas de 1 a 9 e 16. Observamos que essas discussões permearam, principalmente, os momentos destinados ao ensino focado em argumentação, ocorrido entre as aulas 1 e 10. As ações da professora a respeito desse conhecimento se destinaram a destacar as características dos materiais que podem contribuir para a argumentação em sala de aula (por exemplo, a conclusão estar em aberto, a possibilidade de respostas não consensuais etc.) e a ressaltar alguns tipos de materiais adequados a essa prática como uso de texto, atividades investigativas e questões sociocientíficas.

Na aula 1, a aluna Isis manifestou dúvidas em relação aos materiais produzidos na disciplina ESQIII e aos materiais relacionados à argumentação. Observamos que esse foi o único momento no qual alguma aluna manifestou algum tipo de dúvida sobre os materiais instrucionais. Acreditamos que essa dúvida inicial da aluna pode ser proveniente do fato de ela acreditar que os alunos exporem suas opiniões, como era solicitado em seu planejamento da disciplina ESQIII, significava que eles estavam argumentando. Mas, quando a professora entrevistou apresentando algumas características do ensino pautado em argumentação e dos materiais envolvidos nessa proposta, a aluna reconheceu que embora ela houvesse solicitado a opinião dos alunos, não deu a eles oportunidades explícitas de avaliar suas respostas.

Além dessa dúvida apresentada por Isis, inicialmente as alunas demonstraram não compreender a diferença entre os comandos 'justifique' e 'explique'. Naquele momento, além de destacar o conhecimento de conteúdo de justificativa, a professora chamou atenção para a importância de saber usar adequadamente os termos nos questionamentos, principalmente, em situações avaliativas, nas quais a coerência da resposta do aluno é julgada em relação ao questionamento realizado.

Notamos, como ressaltado na parte do estudo de caso referente às aulas 10 e 11, que as duplas Letícia e Gisele e Maria e Isis demonstraram conhecimento sobre os materiais instrucionais ao propor as atividades para as aulas simuladas. Isto porque as alunas construíram materiais que apresentavam possibilidades de múltiplas respostas, tinham a conclusão em aberto, continham dados que poderiam ser usados na construção de evidências e poderiam mobilizar as capacidades argumentativas dos sujeitos. Por outro lado, acreditamos que, naquele momento, Lara e Rafaela apresentaram limitações do conhecimento de materiais

instrucionais, pois confeccionaram um texto no qual havia poucos dados e estes eram muito complexos para serem trabalhadas por alunos do ensino médio.

Com relação à confecção dos materiais, vale ressaltar que a proposta de Lara e Rafaela se baseou no texto da atividade 'Crânio de Copérnico' (Anexo 3), o qual possuía diversas informações que poderiam ser usadas para sustentar posicionamentos distintos. Por outro lado, as questões propostas por Isis e Maria, eram bastante parecidas com as questões da atividade 'Bonecos de Neve' (Anexo 4). Finalmente, a dupla Letícia e Gisele apresentou em seu material as características ressaltadas pela professora, mas as questões e o modelo da atividade eram diferentes dos trabalhados em sala. Assim, acreditamos que, naquele momento, o desenvolvimento do conhecimento de materiais instrucionais foi diferenciado para as alunas, pois algumas demonstraram maior domínio do conhecimento do que outras.

Na aula 15, quando reformularam a atividade verificacional para investigativa, as alunas demonstraram desenvolvimento do conhecimento de materiais instrucionais ao propor roteiros experimentais que podem subsidiar o desenvolvimento da argumentação em sala de aula. Por exemplo, Lara e Rafaela demonstraram esse conhecimento ao formularem questões que solicitavam que os sujeitos coletassem e analisassem os dados experimentais. Consideramos que o conhecimento expresso pelas alunas nessa atividade é fundamental para as suas futuras práticas docentes porque, em geral, as alunas irão se deparar com materiais que podem não contribuir para a prática argumentativa. Logo, saber transformar esses materiais inadequados em uma atividade com potencial para favorecer a argumentação pode contribuir para que elas trabalhem nessa perspectiva, uma vez que isto diminui o trabalho extra em relação à busca de materiais adequados ou elaboração completa dos mesmos. Nesse sentido, saber criticar e adaptar os materiais instrucionais é um conhecimento essencial ao professor (C. V. Schwarz, Gunckel, & Smith, 2008) na medida em que contribui para o reconhecimento das potencialidades e fraquezas dos mesmos (Beyer & Davis, 2012).

Nas aulas 17, 18 e 19, referentes às aulas simuladas finais, percebemos que as alunas elaboraram materiais instrucionais adequados à proposta de ensino por argumentação. Gisele, Isis e Rafaela optaram por trabalhar as capacidades argumentativas a partir da proposição de modelos pelos participantes da simulação. Gisele também envolveu argumentação em seu material ao solicitar que os alunos apresentassem justificativas para as suas observações experimentais. Lara e Letícia favoreceram a ocorrência da prática argumentativa ao propor um material que oportunizava a construção de múltiplas respostas. Diferente do que aconteceu na

confeção dos materiais usados na primeira aula simulada, observamos que as alunas criaram propostas autênticas. A nosso ver, isto evidencia que, no final da disciplina, as alunas expressaram maior conhecimento sobre materiais instrucionais (uma vez que, no primeiro momento, algumas tinham pouco conhecimento sobre os materiais favoráveis ao desenvolvimento da argumentação). Isso pode estar associado ao fato de esta ter sido a segunda oportunidade vivida pelas alunas de se envolver na elaboração de materiais instrucionais voltados ao favorecimento da ocorrência de argumentação. Assim, somos levados a crer que o desenvolvimento do conhecimento sobre tais materiais instrucionais pode estar associado às oportunidades de praticar, e às discussões sobre, a proposição de materiais coerentes com seus objetivos (por exemplo, apresentar um problema a ser investigado, possuir evidências que permitam a construção de enunciados etc.).

Em específico, percebemos, nos materiais elaborados nas aulas 10, 11, 15, 17, 18 e 19, que as alunas conseguiram formular questões que favoreciam a ocorrência de argumentação. Isto não foi observado em relação à Lara e Rafaela na proposta apresentada na aula 10 e, em relação à Isis e Rafaela na atividade experimental apresentada na aula 19. Embora todas as alunas tenham se baseado nas atividades propostas pela professora para produzir os materiais apresentados nas aulas 10 e 11, acreditamos que tanto neste momento quanto nos demais elas demonstraram conhecimento relacionado aos materiais. Em geral, as questões formuladas solicitavam análise de dados para construção de evidências, apresentação de justificativas, análise das respostas frente a novos dados, e favoreciam a manifestação das capacidades argumentativas.

No estudo realizado por McNeill e Knight (2013), os professores participantes do programa de formação continuada focado em argumentação apresentaram dificuldades ao formular questões. Muitas das questões formuladas por eles não favoreciam a apresentação de justificativas ou de evidências. Diante dos nossos resultados, julgamos que as alunas participantes desta pesquisa não apresentaram tal dificuldade. A análise do estudo de caso indica que isto resultou do processo explícito sobre argumentação vivenciado por elas, no qual tiveram acesso a vários materiais que favoreciam a prática argumentativa (atividades 'Halloween Crush', 'Por que sabemos o que sabemos?', 'Crânio de Copérnico' e 'Bonecos de neve') e tiveram oportunidade não só de discutir sobre, mas também de elaborar materiais instrucionais visando favorecer a ocorrência de situações argumentativas. Além disso, consideramos que a perspectiva de ensino construtivista, na qual a concepção de ensino e

aprendizagem é construída ao longo das disciplinas específicas da área de Ensino de Química no curso de Licenciatura da universidade onde coletamos os dados, tenha contribuído para este resultado. Tal afirmativa se justifica porque, nos planejamentos anteriores (destinados ao estágio de regência), as alunas estavam habituadas a solicitar a apresentação das justificativas das respostas dos alunos e a trabalhar a construção do conhecimento. Em outras palavras, acreditamos que os conhecimentos de produção de materiais na perspectiva construtivista foram essenciais para o desenvolvimento do conhecimento relacionado aos materiais instrucionais favoráveis a argumentação das alunas.

Habilidades para conduzir situações argumentativas

O quadro 7.8 apresenta os aspectos das aulas de PEQIV que podem ter impactado no conhecimento das alunas de habilidades para conduzir situações argumentativas. Ele apresenta também as manifestações das alunas relacionadas à aprendizagem desse elemento.

Aulas	Aspectos presentes na fala da professora	Manifestações das alunas relacionadas à aprendizagem
1	Engajamento dos alunos em participar das aulas e realizar questionamentos.	
2	Reconhecimento da possibilidade de múltiplas interpretações de uma evidência e de influências provenientes do contexto na análise das mesmas.	
3	Conhecimento de como lidar com respostas não consensuais em problemas abertos.	
4	Uso de evidências para a construção do conhecimento científico que sejam adequadas ao nível de compreensão dos alunos.	
5	Avaliação da coerência das respostas dos alunos em atividades argumentativas.	
6	Relação do uso de evidências e com a construção do conhecimento científico. Apresentação de evidências específicas para as conclusões.	
7		
8	Solicitação ao aluno referente à justificativa para a sua opinião.	
9	Favorecimento da argumentação nos contextos científico, social e sociocientífico. Reconhecimento dos argumentos de diferentes naturezas em questões óciocientíficas.	

10	Reconhecimento da possibilidade de respostas fundamentadas em outros conhecimentos em questões sociocientíficas.	Favorecimento da argumentação a partir de uma questão sociocientífica. (Gisele e Letícia)
11		Favorecimento da argumentação a partir de uma questão sociocientífica e solicitação aos alunos referente à apresentação de justificativas para suas conclusões. (Isis e Maria) Apresentação de uma evidência específica para o caso. (Isis)
12	Conhecimento sobre como lidar com as respostas inadequadas dos alunos. Destaque para o suporte ao aluno na construção de argumentos.	
13	Maneiras de trabalhar com abordagens investigativas.	
14		
15	Discussão de dados discrepantes oriundos da atividade.	
16		
17		Falta de discussão das justificativas apresentadas pelos alunos. (Gisele) Falta de discussão referente aos dados inesperados (relacionados à projeção do café).(Gisele) Utilização de evidências para dar suporte ao conhecimento científico. (Gisele)
18		Pouca discussão das respostas dos alunos. (Letícia e Lara)
19		Dificuldade em discutir um argumento inadequado do aluno. (Isis e Rafaela)

Quadro 7.8. Aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem de habilidades favoráveis à prática argumentativa.

Como evidenciado no estudo de caso, a professora ressaltou aspectos referentes às habilidades para conduzir situações argumentativas praticamente ao longo de todas as aulas. As únicas exceções foram as aulas simuladas, nas quais as alunas apresentaram suas aulas sem interferência da professora formadora, e a aula 7, na qual foi discutida a atividade 'Bonecos de Neve' (Anexo 4). Em todas as outras aulas, a professora destacou aspectos variados sobre as habilidades necessárias ao professor para conduzir situações argumentativas. Os aspectos contemplaram as habilidades de o professor: engajar os alunos na discussão; questionar; reconhecer a possibilidade de múltiplas respostas e de respostas não consensuais; saber lidar

com dados inesperados ou discrepantes e respostas inadequadas; apresentar evidências para os conhecimentos científicos; e saber trabalhar com atividades investigativas. Assim, as habilidades destacadas pela professora estão extremamente relacionadas aos aspectos de conhecimento conceitual no âmbito dialógico e estrutural ou ao conhecimento em situações de ensino. Por exemplo, a habilidade de reconhecer a possibilidade de múltiplas respostas está relacionada à capacidade de o sujeito expressar o conhecimento sobre teorias alternativas em situações de ensino.

Diferente do que aconteceu nas discussões sobre estratégias de ensino e materiais instrucionais, não observamos nenhum tipo de manifestação das alunas durante os momentos em que a professora apresentou as habilidades para conduzir situações argumentativas. Acreditamos que a falta de participação das alunas nesse sentido pode estar associada à limitada experiência das mesmas em salas de aulas, uma vez que, até aquele momento, as alunas só haviam tido contato com o ensino básico na posição de professoras quando realizaram o estágio de regência (atividade integrante da disciplina ESQIII). Portanto, a falta de conhecimentos sobre as situações práticas de ensino pode ter restringido as discussões das alunas sobre as habilidades essenciais para a promoção do ensino por argumentação.

Tendo em vista a falta de manifestações das alunas, nossa análise sobre o impacto do ensino explícito de argumentação relacionado às habilidades para condução de situações argumentativas ficou restrita ao que foi expresso durante as aulas simuladas. Como ressaltado na parte do estudo de caso que diz respeito às aulas 10 e 11, nas quais as duplas Gisele e Letícia e Maria e Isis simularam suas aulas, percebemos que essas alunas demonstraram ser capazes de contribuir para a criação de um ambiente argumentativo em sala de aula através de questões sociocientíficas. Isto porque, apesar de ser uma situação simulada e de ter contado com poucos participantes (4 alunas e a professora), elas conseguiram: (i) promover a argumentação em geral; (ii) chamar atenção para a possibilidade de múltiplas respostas; e (iii) usar evidências para dar suporte aos enunciados.

Nas aulas 17, 18 e 19, observamos que todas as alunas apresentaram dificuldades para lidar com o ensino de um conteúdo pautado em argumentação. Como apresentado na parte do estudo de caso referente à aula 17, Gisele solicitou que os alunos apresentassem suas justificativas para as observações experimentais, porém não discutiu a coerência das mesmas. Por outro lado, Gisele usou evidências para dar suporte ao conhecimento científico ensinado, o que demonstra uma habilidade da aluna para ensinar por argumentação. Além disso,

durante o experimento, Gisele adicionou pó de café ao sistema água + açúcar. Ao fazer isto, o novo sistema (água + açúcar + pó de café) entrou em ebulição e parte do pó de café foi projetada para fora – o que não havia sido previsto pela aluna. Diante desse fato, percebemos uma limitação nas habilidades da aluna nesse contexto, pois a mesma não soube lidar com o dado inesperado. Reconhecemos que, nesse caso, os fatos de a simulação ter contado com vários participantes (11 alunos no total), de a simulação ter sido uma avaliação no contexto da disciplina, e de o conteúdo ter que ser ensinado no tempo determinado, podem ter afetado as manifestações das habilidades da aluna. Porém, não podemos afirmar que em uma situação de ensino regular isto seria diferente. Isis e Rafaela também demonstraram dificuldades em lidar com as respostas inesperadas dos alunos. Por exemplo, no momento em que Gisele apresentou o argumento de densidade para justificar o fato de um pigmento ser mais arrastado do que outro, as alunas não souberam como agir.

As alunas Letícia e Lara manifestaram limitações nas habilidades de conduzir situações argumentativas em suas aulas simuladas (aula 18), pois elas não discutiram muito as respostas dos participantes. Nos momentos em que as respostas não eram consensuais, mas uma das duplas apresentava uma resposta adequada, as alunas não discutiam a adequação de uma resposta ou a inadequação da outra. Em geral, elas destacavam a resposta correta e perguntavam se os demais participantes concordavam, porém não oportunizavam espaço para a discussão sobre as diferenças nas respostas.

Diante desses resultados, podemos perceber que as alunas desenvolveram habilidades para conduzir situações argumentativas relacionadas ao uso de questões sociocientíficas. Por outro lado, observamos uma limitação nas habilidades das alunas para ensinar conteúdos químicos por argumentação. A nosso ver, essa diferença pode estar associada à natureza dos problemas discutidos nas duas simulações. Isto porque questões sociocientíficas são dilemas ou controvérsias que perpassam os âmbitos científico e cotidiano (Jiménez-Aleixandre, 2010). Logo, elas permitem a construção de argumentos tanto baseado em conhecimentos científicos quanto em conhecimentos cotidianos. Por outro lado, em uma situação de ensino de conteúdo químico, o objetivo do professor é construir o conhecimento. Nessa situação, nem todos os argumentos podem ser considerados adequados, e o processo argumentativo desenvolvido com os alunos exige dos professores domínio conceitual, uma vez que ele precisa convencer os alunos da validade dos enunciados científicos. Portanto, é plausível afirmar que as limitações

nas habilidades para conduzir situações argumentativas manifestadas pelas alunas são oriundas da limitação do conteúdo envolvido nas situações de ensino.

É preciso considerar também que a limitação nas habilidades para conduzir situações argumentativas apresentada no contexto científico pode estar associada à visão de ciência das alunas. Isto porque a dificuldade das alunas de envolver os participantes em discussões sobre o conteúdo químico ou de engajá-los na discussão sobre as diferentes observações experimentais pode estar relacionada a uma visão reificada e/ou empirista da ciência. Por exemplo, ao investigar a capacidade de contra-argumentar de professores de Química recém-formados em duas situações de entrevista (uma com temática relacionada às Ciências Naturais e outra relacionado ao cotidiano), Correa (2011) observou que os professores tinham maior dificuldade em elaborar contra-argumentos na situação relacionada às Ciências Naturais. Segundo o autor, essa dificuldade poderia estar atrelada a uma visão ingênua de Ciência dos professores, na qual a Ciência é concebida como um conjunto de verdades absolutas e indiscutíveis. No nosso caso, embora reconheçamos que há possibilidade de a limitação das alunas estar relacionada às suas visões de Ciência, temos fortes indícios (por exemplo, o fato de as alunas não refutarem as ideias dos participantes que eram inadequadas do ponto de vista científico) de que a limitação reside na deficiência de conhecimento científico ou na falta de domínio sobre o experimento que foi discutido nas aulas simuladas.

Nesse sentido, há outra consideração importante relacionada ao ensino vivenciado por essas alunas nas disciplinas de conteúdo químico. Em geral, nessas disciplinas os alunos não têm a oportunidade de participar de situações argumentativas envolvendo os conteúdos discutidos e de refletir sobre as evidências e justificativas possíveis para tais conteúdos. Isto fica evidente nos relatos e dificuldade das alunas ao vivenciarem a atividade 'Por que sabemos o que sabemos?' (vide parte do estudo de caso referente à aula 4 e Anexo 2). Por exemplo, Queiroz e Sá (2009) investigaram o uso de atividades que favorecem a prática argumentativa no ensino superior de Química. As autoras observaram aulas das disciplinas de caráter teórico: Fundamentos de Química, Estatística aplicada à Química, Comunicação Científica, Química Orgânica B e C, Físico-química e Química Inorgânica; e disciplinas de caráter experimental: Química Geral, Laboratório de Química Orgânica e Análise Instrumental. Nas 35 aulas observadas, as autoras perceberam que o discurso na sala de aula era predominantemente centrado no professor e que os trabalhos de laboratório eram organizados principalmente para avaliar aspectos processuais do trabalho prático. Em função de nosso conhecimento da

realidade das disciplinas ministradas na instituição na qual esta pesquisa foi desenvolvida, acreditamos que os resultados encontrados por Queiroz e Sá não são restritos à instituição investigada por elas, e que algo similar ocorre nessa instituição.

Diante dessas considerações, acreditamos que parte da dificuldade das alunas em mobilizar os conhecimentos químicos para as situações de ensino fundamentado em argumentação pode estar, também, associada à falta de experiências das alunas de vivenciar um ensino de química pautado em argumentação. Ou seja, tal dificuldade está também associada à falta de experiência das alunas de refletir, durante sua aprendizagem dos diversos conteúdos, sobre as evidências e justificativas para os conhecimentos científicos.

Resumindo, percebemos que a disciplina PEQIV impactou no conhecimento sobre habilidades para conduzir situações argumentativas no contexto sociocientífico. Em relação ao âmbito científico, notamos que a falta de domínio das alunas sobre conteúdos trabalhados nas simulações limitou a manifestação de suas habilidades. Portanto, não podemos dimensionar a contribuição da disciplina para o desenvolvimento das habilidades no contexto científico.

CAPÍTULO 8. CONCLUSÕES

Argumentação é uma abordagem favorável ao ensino de ciências, pois pode contribuir para a educação cidadã e científica dos alunos. A educação cidadã está relacionada ao desenvolvimento do raciocínio crítico e da capacidade do sujeito de continuar a aprender ao longo da vida (Jiménez-Aleixandre, 2010). Nesse sentido, a contribuição da argumentação diz respeito ao fato do sujeito aprender a: lidar com evidências e justificativas na construção de enunciados; regular o seu processo de aprendizagem ao refletir sobre seus conhecimentos; analisar criticamente os argumentos etc. Por outro lado, a educação científica está relacionada à aprendizagem de conceitos e ao desenvolvimento de uma visão menos ingênua de ciências (Jiménez-Aleixandre, 2010). Nesse caso, a argumentação contribui para a aprendizagem de ciências, pois as evidências e justificativas relacionadas aos enunciados científicos são mobilizadas para os processos de ensino e aprendizagem, o que pode favorecer a construção do conhecimento. Além disso, a argumentação é uma prática autêntica da ciência e o envolvimento dos alunos, associado à reflexão sobre essa experiência, pode levá-los a aprender *sobre* ciências. Entretanto, as potencialidades dessa prática dependem das boas práticas dos professores de ciências.

Tendo em vista a importância do professor frente ao ensino pautado em argumentação, alguns autores têm apostado em programas de formação de professores direcionados ao ensino explícito de argumentação (McNeill & Knight, 2013; Simon et al., 2006; Zembaul-Saul, 2009). Dado que esses programas não apresentam um consenso sobre quais conhecimentos docentes são essenciais para que os professores possam ensinar por argumentação e possuem metodologia variada, nesse trabalho, investigamos as influências de um programa de formação inicial direcionado ao ensino explícito de argumentação nos conhecimentos docentes de professores de química em formação. Além disso, estabelecemos dois tipos de conhecimentos docentes sobre argumentação: *conhecimento sobre argumentação* e *conhecimento para a ação docente em argumentação*, os quais nós consideramos cruciais para o ensino nessa perspectiva.

Com relação ao *conhecimento sobre argumentação*, ele envolve a compreensão dos elementos que estruturam um argumento, as capacidades argumentativas que são mobilizadas em situações dialógicas e as intencionalidades relacionadas à prática argumentativa. A segunda categoria diz respeito aos conhecimentos desenvolvidos *para a*

ação docente em argumentação, os quais estão relacionados ao desenvolvimento da argumentação em sala de aula e, por isso, englobam os conhecimentos sobre materiais instrucionais, estratégias de ensino e habilidades para conduzir situações argumentativas.

A partir dos resultados e da análise dos mesmos apresentados nos capítulos anteriores, e com o intuito de responder nossas questões de pesquisa, apresentaremos, a seguir, nossas conclusões relativas aos aspectos que evidenciam as contribuições do ensino explícito de argumentação nos conhecimentos relacionados à argumentação dos professores em formação inicial e como o programa influenciou o desenvolvimento dos conhecimentos relativos à argumentação dos professores em formação.

Em que extensão o ensino explícito de argumentação acompanhado neste trabalho contribuiu para o desenvolvimento do conhecimento sobre argumentação dos professores em formação inicial?

Nosso objetivo com essa questão era investigar as contribuições do ensino explícito de argumentação no desenvolvimento dos conhecimentos sobre: evidências; justificativas; proposição de teorias alternativas, de refutação e de contra-argumentação; além do uso desses conhecimentos em situações de persuasão, estabelecimento de consenso ou, de forma mais ampla, em situações de ensino. Dado o volume de elementos que compõem o conhecimento sobre argumentação, apresentamos os aspectos referentes à aprendizagem desse conhecimento em termo de cada um deles.

Em relação ao elemento evidências, concluímos que o ensino explícito de argumentação contribuiu para a aprendizagem das alunas no que diz respeito ao uso e significado das evidências na construção de enunciados – isto é, seu papel na estrutura do argumento. Isto porque, inicialmente, as alunas demonstram não estar cientes das evidências possíveis para os conhecimentos científicos. Entretanto, ao longo da disciplina, elas manifestaram reconhecer e entender o papel das evidências na construção de argumentos e expressaram menos dúvidas em relação à aprendizagem sobre evidências. Além disso, em alguns momentos, as alunas relacionaram as discussões dos textos sobre o tema evidências com as situações vivenciadas nas atividades. Por exemplo, ao discutir sobre evidência específica para um caso, Lara relacionou o conceito à atividade ‘Crânio de Copérnico’, na qual nenhuma evidência poderia ser considerada específica. Percebemos essa influência, ainda, nos materiais propostos pelas alunas, pois, em geral, elas confeccionaram materiais que envolviam

coleta de dados com caráter de evidências ou inseriram dados que poderiam ser usados na construção de evidências. Por exemplo, Isis e Maria reuniram vários dados que poderiam ser utilizados como evidências para a conclusão sobre a causa da quebra do cabelo da personagem na atividade, 'Por que o cabelo quebra?' (Anexo 7).

Outra contribuição do ensino explícito de argumentação para o conhecimento de evidência se refere ao uso das evidências para os conhecimentos científicos e à mobilização de evidências específicas para os casos. Vale destacar que, inicialmente, as alunas demonstraram dificuldades para entender o que seriam evidências para os conhecimentos químicos, como ocorreu na atividade 'Por que sabemos o que sabemos?' (Anexo 2). Além disso, nessa mesma atividade, percebemos que algumas alunas não mobilizaram evidências específicas à afirmativa química analisada. Porém, nas aulas simuladas finais (aulas 17, 18, 19), as alunas (exceto Isis e Rafaela) confeccionaram propostas que apresentavam evidências específicas aos fenômenos investigados.

Além de concluir que o ensino explícito de argumentação contribuiu para a aprendizagem das alunas sobre evidências no âmbito estrutural, ou seja, em relação ao seu papel e significado na construção de argumentos, podemos concluir que houve uma menor contribuição desse ensino para o conhecimento sobre evidência no que diz respeito ao seu uso em situações de persuasão ou estabelecimento de consenso. Isto porque as alunas conseguiram utilizar as evidências para estabelecer consenso durante as discussões das atividades, ou para persuadir uma dupla que tinha uma teoria diferente. Porém, nas situações de aulas simuladas, as alunas tiveram dificuldades em mobilizar as evidências para persuadir os alunos em relação ao conhecimento científico, ou não discutiram as evidências apresentadas por eles. Vale destacar que esse resultado pode ter sido ocasionado pela falta de experiência docente das alunas (todas professoras em formação inicial sem experiências docentes prévias), ou pode estar associado ao fato de o conhecimento sobre evidência para situações de ensino ser dependente de outros fatores como, por exemplo, a habilidades para conduzir situações argumentativas. Contudo, concluímos que o ensino explícito de argumentação contribuiu menos para a mobilização das evidências para as situações de persuasão ou para o estabelecimento de consenso do que para o entendimento do papel e significado das evidências na construção de enunciados.

A justificativa é outro elemento que compõe o conhecimento sobre argumentação. Sobre esse elemento, concluímos que o ensino explícito de argumentação contribuiu para a

aprendizagem das alunas em relação ao papel e significado da justificativa na construção de conclusões – isto é, referente à dimensão estrutural do argumento. Isto porque, mesmo que inicialmente as alunas tenham manifestado dificuldades em apresentar justificativas para as razões presentes na atividade ‘Halloween Crush’ (anexo 1), elas demonstraram entendimento sobre o elemento ao final da aula e passaram a perceber a inadequação de suas respostas frente ao conceito de justificativa. Além disso, outra evidência dessa contribuição é fato de as alunas utilizarem adequadamente o conceito ao propor questões nos materiais confeccionados para as aulas simuladas.

Durante as discussões das atividades, as alunas manifestaram confusão ao diferenciar *justificativa* de *explicação*. Porém, ao longo do processo de ensino, elas demonstram compreender a diferença entre os elementos. Por isso, ressaltamos a nossa conclusão de que o ensino explícito de argumentação contribuiu para a aprendizagem sobre o elemento justificativa no âmbito estrutural.

Em relação às aulas simuladas finais, percebemos que as alunas conseguiram mobilizar as justificativas para os conhecimentos científicos. Nas disciplinas pedagógicas específicas da área de Ensino de Química vivenciadas pelas alunas antes do ensino explícito de argumentação, elas haviam aprendido sobre a perspectiva de ensino construtivista, na qual o conhecimento é construído conjuntamente com os alunos e, nessa construção do conhecimento, são mobilizadas as justificativas para os conhecimentos científicos. Por isso, concluímos que a contribuição do ensino de argumentação em relação à apresentação de justificativas para os enunciados científicos foi potencializada pelas experiências prévias das alunas com a perspectiva de ensino construtivista, uma vez que elas estavam habituadas a pensar sobre as justificativas para os conhecimentos científicos.

Além dos conhecimentos sobre evidências e justificativas, o conhecimento sobre argumentação engloba o conhecimento sobre as capacidades argumentativas, ou seja, propor teorias alternativas, contra-argumentação e refutação. Em relação à capacidade de propor teorias alternativas, concluímos que o ensino explícito de argumentação contribuiu, em parte, para a aprendizagem conceitual das alunas sobre a capacidade. Em outras palavras, o ensino contribuiu para que elas aprendessem o significado da capacidade de propor teorias alternativas. Tal aprendizagem fica evidente na proposição dos materiais confeccionados pelas alunas para a primeira aula simulada (Anexos 5, 6 e 7), nos quais as questões solicitavam aos participantes que elaborassem uma teoria diferente da inicial. Outra evidência são as

respostas apresentadas na aula 5, nas quais as alunas apresentaram posicionamentos diferentes para o problema do crânio de Copérnico. Por exemplo, na aula 5, ambos os trios acreditavam que os dados presentes na atividade 'Crânio de Copérnico' sustentavam o argumento de que talvez o crânio pertencesse ao cientista. Mesmo assim, os dois trios conseguiram formular argumentos que simulassem um posicionamento afirmativo e um negativo, ou seja, construíram argumentos que sustentavam a afirmativa de que o crânio pertencia a Copérnico e argumentos que negavam essa possibilidade.

Com relação à mobilização do conhecimento sobre teorias alternativas para situações de ensino, reconhecemos que esse conhecimento é difícil de ser analisado, pois é um conhecimento interiorizado pelo professor, uma vez que diz da sua capacidade de pensar em uma teoria diferente da sua teoria inicial. Por isso, só podemos inferir esse conhecimento em situações de ensino quando o professor: explicita uma teoria alternativa; estabelece relações explícitas sobre a sua ocorrência no âmbito científico e social; ou reconhece explicitamente a sua importância para a dimensão científica e cidadã. Logo, sem uma manifestação explícita do professor é difícil inferir o seu conhecimento sobre teorias alternativas em situações de ensino. Nesse caso, nossos dados são limitados para concluir sobre o desenvolvimento do conhecimento sobre teorias alternativas das alunas em situações de ensino, uma vez que não notamos manifestações explícitas desse conhecimento. Por outro lado, durante o processo de ensino-aprendizagem de argumentação, também não observamos discussões e reflexões sobre a importância desse conhecimento para a educação cidadã e científica. Assim, podemos dizer que, nesse sentido, o ensino sobre teorias alternativas não ocorreu de forma explícita, pois, embora, as alunas tenham tido oportunidades de exercitar as suas capacidades e de vivenciar atividades que favorecessem sua mobilização (por exemplo, 'Bonecos de neve (Anexo 4)), elas não foram envolvidas em reflexões sobre esse conhecimento e sobre suas contribuições para o ensino de ciências. Por isso, não podemos concluir quais são as contribuições do ensino explícito de argumentação para a aprendizagem sobre teorias alternativas em situações de ensino uma vez que, como afirmado acima, tal ensino não foi explícito na situação analisada.

Assim como no caso da capacidade de propor teorias alternativas, concluímos, em relação à capacidade de formular contra-argumentos, que o ensino explícito de argumentação contribuiu para a aprendizagem das alunas na extensão conceitual, isto é, em relação ao significado de contra-argumentação. Uma evidência dessa contribuição são as questões

formuladas pelas alunas nos materiais propostos para a primeira simulação, pois elas elaboraram questões que oportunizavam a manifestação de um contra-argumento pelos participantes da simulação. Por exemplo, Letícia e Gisele, que confeccionaram uma proposta sobre a escolha de uma dieta (Anexo 6), criaram uma questão na qual o sujeito poderia reconhecer uma limitação na dieta escolhida por ele. Embora as questões favorecessem a contra-argumentação, não observamos nenhuma discussão por parte das alunas sobre a importância da capacidade de contra-argumentar no âmbito da educação cidadã e científica.

Além disso, considerando o processo de ensino, reconhecemos que as alunas tiveram oportunidades de mobilizar a capacidade de contra-argumentar através da atividade 'Boneco de neve' (Anexo 4) e de aprender sobre o conceito de contra-argumentação. Entretanto, o processo de ensino não envolveu momentos destinados à reflexão e tomada de consciência pelas alunas sobre as relações entre a capacidade de contra-argumentar e os objetivos do ensino de ciências. Por isso, concluímos que o mesmo não ocorreu de forma explícita. Dessa forma, não podemos avaliar as contribuições do ensino explícito de argumentação para o desenvolvimento do conhecimento sobre a capacidade de contra-argumentação para situações de ensino.

A capacidade de propor refutações é o último elemento que compõe o conhecimento sobre argumentação. Em relação ao desenvolvimento do conhecimento sobre refutação das alunas concluímos que o ensino explícito de argumentação contribuiu para que elas apreendessem sobre o significado da capacidade, isto é aprender o conceito. Assim como nas demais capacidades, essa aprendizagem fica evidente na confecção das propostas para a primeira aula simulada. Por exemplo, Letícia e Gisele, em seu material sobre dietas (Anexo 6), apresentaram informações sobre as dietas propostas e, posteriormente, formularam uma questão que mobilizava a refutação das dietas com base nas novas informações.

Em relação à mobilização da capacidade de refutação para situações de persuasão, encontramos dificuldade para concluir sobre as contribuições do ensino explícito nessa dimensão. Primeiro, porque a refutação é um elemento presente em nosso cotidiano, por exemplo, ao decidirmos entre duas possibilidades exercemos a refutação quando elegemos ou negamos uma delas. Logo, as alunas poderiam estar acostumadas a exercer essa capacidade mesmo sem ter o conhecimento sobre ela. Segundo, as alunas demonstraram conseguir refutar as ideias dos colegas no âmbito científico quando exerciam o papel de alunas da disciplina. Por exemplo, na aula 4, Isis disse que os elementos em estados de oxidação

diferentes eram iguais. Imediatamente, Leticia a refutou dizendo que o organismo absorve Fe^{3+} e não absorve Fe^{2+} , o que garante que eles não são iguais. Porém, as alunas apresentaram dificuldades em propor refutações às ideias dos alunos quando elas estavam na posição de professoras nas aulas simuladas. Por exemplo, na aula 17, Gisele não apresentou refutação à ideia alternativa manifestada por Lara em relação ao processo de interação ser resultante de um englobamento do soluto pelo solvente. Diante disso, não podemos concluir em que extensão o ensino explícito de argumentação contribuiu para o desenvolvimento do conhecimento sobre refutação em situações de persuasão.

Em que extensão o ensino explícito de argumentação acompanhado neste trabalho contribuiu para o desenvolvimento do conhecimento *para a ação docente em argumentação* dos professores em formação inicial?

A fim de responder a segunda questão de pesquisa deste trabalho, buscamos, no estudo de caso e em sua discussão, aspectos que salientam tais contribuições. É preciso ressaltar que o conhecimento para ação a docente em argumentação foi definido anteriormente como constituído pelos conhecimentos de estratégias de ensino e de habilidades para conduzir situações argumentativas, assim como de materiais instrucionais que possam favorecer a ocorrência dessas situações. Por isso, iremos apresentar as conclusões em termo de cada um dos elementos que compõe o conhecimento para a ação docente.

O conhecimento de estratégias de ensino é considerado um saber importante para a ação docente, porque diz respeito aos artifícios metodológicos utilizados pelo professor para engajar os alunos em práticas argumentativas. Em relação a esse conhecimento, concluímos que o ensino explícito de argumentação contribuiu para a aprendizagem das alunas no que diz respeito à estratégia de simulações de papéis. Isto porque, na aula 10, na qual Rafaela e Lara apresentaram a proposta de aula simulada, tanto Maria quanto Lara e Rafaela demonstraram reconhecer a validade da estratégia de simulação de papéis para promover a discussão de questões controversas. Maria o fez ao sugerir que a questão relacionada ao uso de sacolas plásticas fosse feita com base nessa estratégia, enquanto Lara e Rafaela demonstraram esse conhecimento ao propor os personagens que estariam envolvidos na simulação de papéis e os possíveis argumentos levantados por eles.

Outra importante contribuição do ensino explícito de argumentação se refere ao uso de questões sociocientíficas no ensino ciências. Tais questões têm sido apontadas pela

literatura como uma estratégia de ensino favorável ao desenvolvimento da argumentação em sala de aula (Dawson & Venville, 2010; Jiménez-Aleixandre, 2010; Sadler & Donnelly, 2006), uma vez que elas oportunizam a avaliação de argumentos pelos estudantes com base em evidências e o estabelecimento da validade dos argumentos, entre outras ações.

Em relação à aprendizagem sobre o uso de questões sociocientíficas no ensino, concluímos que o ensino explícito de argumentação contribuiu significativamente para o desenvolvimento desse conhecimento das alunas, pois todas as propostas confeccionadas para a primeira aula simulada envolveram o uso de questões sociocientíficas. Por exemplo, Isis e Maria propuseram discutir a questão do uso de formol em escovas progressivas. Esse tema se configura como sociocientífico, uma vez que há componentes científicos envolvidos (por exemplo, os malefícios do uso do formol e suas propriedades) e componentes sociais (por exemplo, os padrões estipulados de beleza pela mídia). Isto resulta na possibilidade de os argumentos estarem relacionados a cada uma dessas dimensões ou, ainda, caracterizarem um híbrido de ambas. Além disso, concluímos que as alunas conseguiram mobilizar grande parte do conhecimento sobre argumentação, principalmente no que se refere ao significado dos elementos, ao elaborarem os materiais focados nas questões sociocientíficas. Isto, mais uma vez, evidencia a expressividade das contribuições do ensino explícito de argumentação para a aprendizagem da estratégia de ensino referente ao uso de questões sociocientíficas.

Além dessas contribuições, concluímos que o ensino explícito de argumentação contribuiu para o desenvolvimento de estratégias de ensino relacionadas ao uso de questões abertas para estimular a prática argumentativa em sala de aula. Isto porque, nas aulas simuladas (aulas 10, 11, 17, 18 e 19), todas as alunas questionaram os participantes com o intuito de motivá-los a expressar suas observações, justificativas e seus posicionamentos relativos às situações analisadas. Por exemplo, nas aulas simuladas finais (aulas 17, 18 e 19), as alunas questionaram os participantes sobre as suas observações e suas justificativas. Entretanto, é preciso destacar que essa contribuição pode estar associada ao fato de as alunas terem aprendido, em outras disciplinas pedagógicas específicas da área de Ensino de Química, sobre a perspectiva de ensino construtivista, a qual pressupõe o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem – o que pode ocorrer por meio de questões abertas. Por isso, concluímos que a contribuição relacionada ao uso de questões abertas foi potencializada pela aprendizagem anterior sobre o ensino construtivista. Outra consideração em relação a essa contribuição se refere aos momentos nos quais as alunas manifestaram dificuldade em

realizar os questionamentos. Por exemplo, na aula 19, Isis apresentou dificuldades em formular questões ao propor questionamentos muito amplos. Nesse sentido, concluímos que as contribuições relacionadas à aprendizagem de questões abertas dependem de outros conhecimentos dos professores, como, por exemplo, habilidades de mediar situações de ensino visando à construção do conhecimento.

O conhecimento sobre materiais instrucionais é outro elemento que compõe a categoria conhecimento para a ação docente em argumentação. Em relação a esse elemento, concluímos que o ensino explícito de argumentação contribuiu para o desenvolvimento do conhecimento sobre materiais instrucionais favoráveis ao ensino por argumentação. Isto porque as alunas confeccionaram materiais adequados para a primeira aula simulada, durante a proposição de atividades investigativas, e para a segunda aula simulada. Em outras palavras, os materiais confeccionados envolviam (i) problemas abertos com possibilidade de diferentes respostas, ou seja, tinham a conclusão em aberto, e (ii) coleta de dados que poderiam ser usados na construção de evidências, além de favorecerem a mobilização das capacidades argumentativas dos sujeitos.

De forma mais específica, concluímos que a contribuição para o conhecimento sobre materiais instrucionais parece ter sido progressiva, isto é, ao longo da disciplina as alunas demonstraram uma evolução na proposição dos materiais. Tal conclusão se sustenta na constatação de que os materiais confeccionados pelas alunas para a primeira aula simulada, embora fossem coerentes com a perspectiva de ensino por argumentação, apresentavam uma grande semelhança com as atividades propostas pela professora da disciplina até aquele momento. Em contrapartida, nas reformulações dos experimentos verificacionais (aula 15) e na produção dos materiais para a aula simulada final (aulas 17, 18 e 19), notamos uma maior autonomia das alunas ao propor materiais autênticos.

Assim como no caso do conhecimento de estratégias de ensino, concluímos que as contribuições do ensino explícito de argumentação para os conhecimentos sobre materiais instrucionais foram potencializadas pelos conhecimentos das alunas sobre a perspectiva de ensino construtivista. Isto porque, durante os planejamentos de aulas na disciplina ESQIII (cursada anteriormente), as alunas tiveram oportunidade de construir materiais que solicitavam a apresentação de justificativas para as respostas e que envolviam os alunos em um processo de ensino dialógico. Em outras palavras, concluímos que os conhecimentos relativos à produção de materiais na perspectiva construtivista podem ter fomentado o

desenvolvimento do conhecimento das alunas relacionado aos materiais instrucionais favoráveis à argumentação.

A habilidade de conduzir situações argumentativas é o último elemento elencado dentro da categoria conhecimento para a ação docente em argumentação. Com relação a esse elemento, foi possível inferir o desenvolvimento do conhecimento das alunas apenas a partir das situações simuladas (nas quais a habilidade pode ser manifestada), pois durante as outras aulas elas não expressaram dúvidas ou entendimento sobre esta habilidade. Considerando a análise realizada neste trabalho, concluímos que o ensino explícito de argumentação contribuiu para o desenvolvimento do conhecimento das alunas em relação às habilidades de conduzir situações argumentativas a partir de questões sociocientíficas. Isto porque, nas aulas 10 e 11, nas quais as alunas apresentaram suas aulas simuladas envolvendo questões sociocientíficas, todas, exceto Lara e Rafaela, foram capazes de favorecer a argumentação em geral, destacar a possibilidade de múltiplas respostas, e usar as evidências para dar suporte aos argumentos. Por exemplo, na aula 11, Isis usou a nota da ANVISA sobre o uso de formol em escovas progressivas para sustentar o argumento de que a escova progressiva realizada pela personagem Deby continha formol em sua composição.

Ao contrário do que aconteceu em relação às questões sociocientíficas, não percebemos grandes contribuições do ensino explícito de argumentação em relação às habilidades para conduzir situações argumentativas no contexto científico. Em geral, as alunas demonstram limitações em suas habilidades, pois tiveram dificuldades em conduzir situações de ensino de temas químicos por argumentação, em trabalhar com as evidências apresentadas pelos alunos, em mobilizar as possíveis evidências para os conhecimentos curriculares etc. Por isso, concluímos que o desenvolvimento das habilidades para conduzir situações argumentativas parece estar relacionado, principalmente, às experiências de ensino vividas nos papéis de aluno e professor; ao domínio do conhecimento curricular, o que envolve o domínio das evidências e justificativas; e à visão de ciências de cada indivíduo. Devido a tais influências, concluímos que não foi possível avaliar as contribuições do ensino explícito de argumentação para o desenvolvimento das habilidades no contexto científico, porque esse depende de outros conhecimentos que ultrapassam ao domínio da disciplina PEQIV.

Como o programa de formação inicial direcionado ao ensino explícito de argumentação acompanhado neste trabalho influenciou o desenvolvimento dos conhecimentos dos professores de Química sobre argumentação e para a ação docente em argumentação?

A fim de responder essa questão, buscamos identificar as possíveis influências de aspectos específicos do ensino explícito de argumentação nos conhecimentos dos professores em formação. Ao analisar o estudo de caso e as discussões provenientes dele, concluímos que as influências do ensino explícito foram provenientes tanto das ações da professora durante o processo de ensino quanto da forma como a disciplina PEQIV foi organizada por ela – o que inclui tanto os materiais selecionados e sua organização quanto à estrutura da disciplina como um todo. Dessa forma, apresentamos as conclusões em termos dessas fontes de influências. Porém, destacamos que a opção por apresentar as conclusões separadas de acordo com a fonte tem por objetivo facilitar a compreensão do leitor, pois o processo de ensino é dinâmico, ou seja, não existe tal separação, as fontes são interdependentes e estreitamente relacionadas.

Em relação às ações da professora, concluímos que tanto as próprias ações quanto o fato de ela destacar suas ações e questionamentos durante as realizações e discussões das atividades argumentativas influenciaram o conhecimento sobre estratégias de ensino das alunas, isto é, o conhecimento para a ação docente em argumentação. Por exemplo, na aula 2, na qual as alunas discutiram a atividade ‘Halloween Crush’ (Anexo 1), a professora questionou as alunas com o intuito de estabelecer consenso entre a ordenação das razões apresentadas na atividade. Na aula seguinte, a professora ressaltou as ações que ela havia realizado durante a discussão da atividade ‘Por que sabemos o que sabemos?’ (Anexo 2) para ajudar as alunas a expressar suas justificativas, estabelecer consenso etc. Um indício dessa influência no conhecimento sobre estratégia de ensino das alunas é fato de todas terem conseguido formular questões abertas durante as simulações, as quais favoreciam o engajamento dos participantes na prática argumentativa. Por exemplo, na aula simulada final (aula 18), diante das respostas diferentes dos participantes, Leticia e Lara solicitaram que as duplas apresentassem as justificativas para seus posicionamentos.

Uma segunda influência referente às ações da professora diz respeito às suas intervenções nos momentos nos quais as alunas manifestaram dúvidas ou limitações em algum dos conhecimentos. Nesses casos, as ações da professora foram direcionadas ao reforço do conceito ou à discussão sobre o uso de determinado elemento no processo argumentativo. Nesse sentido, concluímos que essas discussões influenciaram o desenvolvimento dos conhecimentos das alunas relativos à argumentação, pois elas tiveram várias oportunidades de discutir sobre os conhecimentos e sobre o porquê de suas respostas. Por exemplo, na aula 2,

na qual foi discutida a atividade 'Halloween Crush' (Anexo 1), a professora apresentou o conceito de justificativa, mas Isis e Rafaela continuaram tendo dificuldades em diferenciá-lo do de explicação. Sempre que as alunas manifestavam tal dificuldade, a professora intervinha reforçando tanto o conceito de justificativa quanto a diferença entre justificativa e explicação. Uma evidência de que isto influenciou o conhecimento das alunas é o fato de Isis e Rafaela conseguirem apresentar, ao final dessa aula, uma conclusão sobre o significado de justificativa e explicação.

Outra influência relacionada às ações da professora se refere à criação de momentos destinados à socialização das respostas das atividades realizadas. Após as alunas realizarem as atividades, a professora propunha um momento de discussão das respostas, no qual todas as alunas expressavam suas respostas e analisavam as respostas das colegas. Concluímos que esses momentos influenciaram o desenvolvimento do conhecimento sobre argumentação das alunas, pois permitiram que elas participassem do processo de regulação de sua aprendizagem. Por exemplo, na aula 2, na qual foi discutida a atividade 'Halloween Crush' (Anexo 1), Rafaela passou a reconhecer sozinha a limitação de suas respostas porque durante a socialização ela teve a oportunidade de discutir com as colegas sobre as justificativas para as causas de a lata ter amassado e o significado de uma justificativa.

Além das influências relacionadas diretamente às ações da professora, concluímos que a forma como a disciplina PEQIV foi organizada e os materiais selecionados também influenciaram o desenvolvimento dos conhecimentos das alunas relativos à argumentação.

Tendo em vista a organização da disciplina, o primeiro aspecto que observamos é que houve um momento focado em discussões sobre argumentação e um momento direcionado às discussões sobre estratégias de ensino (experimentação e atividades investigativas) que podem fomentar argumentação. Em relação ao momento direcionado à argumentação, percebemos que este foi planejado de forma que as alunas tivessem várias oportunidades de vivenciar uma atividade argumentativa seguida da discussão do texto relacionado à atividade. Por exemplo, a atividade 'Crânio de Copérnico' envolvia a discussão sobre a suficiência e especificidade de uma evidência e o texto discutido em seguida foi '*Los criterios para evaluar pruebas incluyen especificidad, suficiencia, fiabilidad*' (Jiménez-Aleixandre, 2010), o qual envolve as discussões sobre esses aspectos da evidência.

Em relação à opção metodológica geral – várias atividades seguidas de discussões de textos relacionados às atividades – concluímos que ela influenciou o desenvolvimento do conhecimento das alunas, pois oportunizou a discussão dos conceitos mobilizados tanto na atividade quanto a partir dos textos, favorecendo também a reflexão sobre a importância deles para o processo argumentativo. Além disso, a opção metodológica da professora formadora permitiu discutir diferentes aspectos de um mesmo conhecimento por meio de várias atividades e retomar a discussão sobre os conhecimentos ao longo da disciplina. Um indício dessa influência é o fato de as alunas manifestarem, ao longo da disciplina, menos dúvidas sobre o elemento evidência e conseguirem estabelecer relações entre as discussões dos textos e as atividades realizadas. Por exemplo, Lara conseguiu relacionar o conceito de evidências específicas, o qual foi discutido a partir do texto ‘Los criterios para evaluar pruebas incluyen especificidad, suficiencia, fiabilidad’ (Jiménez-Aleixandre, 2010), com a atividade ‘Crânio de Copérnico’ (Anexo 3), na qual nenhuma evidência poderia ser considerada específica, pois não era possível concluir se o crânio pertencia mesmo a Copérnico.

Além disso, o uso de várias atividades relacionadas à argumentação favoreceu o acesso das alunas aos diferentes tipos de materiais que podem dar suporte à criação de ambientes argumentativos em sala de aula. Nesse caso, concluímos que a opção metodológica de envolver as alunas em diferentes atividades argumentativas influenciou o conhecimento sobre materiais instrucionais, ou seja, influenciou o conhecimento para a ação docente em argumentação das alunas. Uma evidência dessa influência são os materiais instrucionais elaborados por elas para a primeira aula simulada. Embora tivessem acesso a outros materiais, diferente dos que foram utilizados em sala, elas parecem ter optado por basear suas propostas nos materiais utilizados pela professora em sala de aula. Por exemplo, Lara e Rafaela, confeccionaram um texto que apresentava dados que poderiam ser utilizados como evidências a favor ou contra o uso de sacolas biodegradáveis, ou seja, dados que não eram específicos a um posicionamento. Como relatado pelas alunas, elas criaram esse texto baseado no texto da atividade ‘Crânio de Copérnico’, no qual os dados podem dar suporte a uma afirmativa ou uma negativa para o fato de o crânio encontrado pertencer à Copérnico.

Em relação à organização da disciplina, concluímos que o fato de as alunas terem vivenciado situações argumentativas durante a disciplina PEQIV influenciou o desenvolvimento de seus conhecimentos relativos à argumentação. Isto porque elas tiveram oportunidades de: (i) observar as ações da professora enquanto mediadora de uma situação argumentativa; (ii)

trabalhar com materiais favoráveis à prática argumentativa; (iii) e, discutir sobre os elementos referentes à argumentação mobilizados nas situações vivenciadas. Mais especificamente, a vivência de situações argumentativas influenciou o desenvolvimento do conhecimento de estratégias de ensino e sobre materiais instrucionais – isto é, conhecimento para a ação docente em argumentação – e do conhecimento sobre evidências e justificativas – isto é, conhecimento sobre argumentação.

Zembaul-Saul (2009) defende que os professores em formação inicial devem ter oportunidades de aprender conceitos científicos de maneira coerente com a forma como eles devem ensinar, a fim de desenvolver práticas pedagógicas adequadas à perspectiva de ensino. De forma análoga, consideramos importante que os professores iniciantes tenham oportunidades de vivenciar situações argumentativas para que possam desenvolver suas práticas pedagógicas favoráveis à argumentação e possam tomar consciência do papel do professor na construção e mediação das situações argumentativas.

O ensino explícito de argumentação permitiu que as alunas discutissem sobre argumentação tanto no contexto científico quanto no contexto sociocientífico. As discussões sobre argumentação relacionadas ao âmbito científico ocorreram por meio de atividades (por exemplo, ‘Por que sabemos o que sabemos?’) e contemplaram aspectos como o que conta como evidência para o conhecimento científico, as justificativas para as enunciados etc. Por outro lado, grande parte das discussões sobre questões sociocientíficas foi sustentada pelo texto *‘La argumentación socio científica contribuye al pensamiento crítico’* (Jiménez-Aleixandre, 2010), e contemplou os aspectos referentes à definição do termo sociocientífico, às possíveis fontes de evidências para sustentar os enunciados etc. Nesse caso, concluímos que a aprendizagem sobre argumentação nos contextos científico e sociocientífico influenciou o conhecimento das alunas para ação docente em argumentação no que diz respeito aos materiais instrucionais. Isto porque as alunas foram capazes de confeccionar materiais favoráveis à prática argumentativa em ambos os contextos.

Em relação às discussões sobre o uso de questões sociocientíficas para fomentar argumentação em sala de aula, concluímos que o programa de formação inicial analisado nesse trabalho ampliou as possibilidades de as futuras professoras contribuírem para a formação de seus alunos no âmbito social. Isto porque, quando analisamos o programa de formação inicial apresentado por Zembaul-Saul (2009), notamos uma ênfase no papel da argumentação no contexto científico, em outras palavras para a educação científica. Nesse

programa de formação inicial, há uma riqueza de elementos relacionados ao desenvolvimento de conhecimentos relativos ao ensino de conteúdos curriculares por argumento. Entretanto, não há discussões sobre a importância da argumentação para o ensino de ciências na perspectiva da formação cidadã. Portanto, concluímos que as discussões sobre questões sociocientíficas se configuram como uma importante influência sobre os conhecimentos das alunas relativos à argumentação, tendo em vista que uma das pretensões dos documentos reguladores do ensino básico (MEC, 2001b; National Research Council, 2012) é que alunos, ao final do processo de escolarização, tenham desenvolvido capacidades para tomar decisões em seu cotidiano de forma crítica.

Durante o processo de ensino explícito de argumentação, as alunas tiveram, também, duas oportunidades de planejar aulas simuladas envolvendo argumentação. A existência das simulações e de seus planejamentos permitiu às alunas discutir sobre a proposição de materiais adequados ao ensino envolvendo argumentação e praticar a elaboração de materiais consistentes com essa proposta de ensino. Dessa forma, a vivência do planejamento e da condução de aulas simuladas influenciou seus conhecimentos sobre materiais instrucionais. Uma evidência dessa influência é fato de as alunas terem elaborado materiais mais autênticos nas aulas simuladas finais (aulas 17, 18 e 19) do que na primeira aula simulada (aulas 10 e 11). Em outras palavras, para a confecção dos materiais utilizados na primeira aula simulada, as alunas se basearam nas atividades apresentadas pela professora durante as aulas, enquanto na segunda simulação as alunas elaboraram materiais desvinculados dos materiais utilizados na disciplina e que demonstraram a compreensão dos conhecimentos sobre argumentação.

CAPÍTULO 9. IMPLICAÇÕES

A análise do estudo de caso apontou que o ensino explícito de argumentação, analisado neste trabalho, contribuiu expressivamente para a aprendizagem conceitual dos elementos que compõem o conhecimento sobre argumentação. Ou seja, concluímos que a aprendizagem referente ao significado dos elementos foi contemplada pelo ensino explícito. Além disso, concluímos que as contribuições foram diferentes entre os elementos. Por exemplo, o ensino teve maior contribuição no desenvolvimento dos conhecimentos sobre evidências e justificativas do que sobre as capacidades argumentativas. Vale destacar que o ensino de alguns elementos não foi totalmente explícito, o que implicou na impossibilidade de concluir sobre tais contribuições.

A partir dessas conclusões, sugerimos que o ensino explícito de argumentação na formação inicial de professores dê maior ênfase às discussões relacionadas aos objetivos implicados na prática argumentativa. Em outras palavras, sugerimos que o professor formador reflita com os professores em formação sobre as situações relacionadas à mobilização dos conhecimentos sobre evidências, justificativas e capacidades argumentativas para as situações de persuasão e estabelecimento de consenso. Isto porque acreditamos que, dessa forma, os professores em formação podem tomar consciência da importância desses elementos para a prática argumentativa e podem desenvolver seus conhecimentos sobre argumentação para além da dimensão conceitual.

Tendo em vista que (i) o ensino de argumentação analisado nesse trabalho não ocorreu de forma explícita em todos os momentos, principalmente no que se refere às discussões sobre as capacidades argumentativas, e (ii) o desenvolvimento do conhecimento das alunas sobre argumentação foi mais associado à aprendizagem dos significados dos elementos, outra implicação importante para a estrutura de programas de formação inicial focados em argumentação emerge dessas conclusões. Essa implicação se refere à relação entre a prática argumentativa e a visão de ciências como uma prática epistêmica¹⁷. Alguns autores (Duschl, 2008a, 2008b; Kelly, 2008) defendem que a aprendizagem pautada em argumentação oportuniza aos estudantes a possibilidade de conceber a ciência como uma prática epistêmica, devido à oportunidade de engajar nos processos de construção e avaliação

¹⁷ Segundo Kelly (2008), “práticas epistêmicas podem ser definidas como as formas específicas que os membros de uma comunidade propõem, justificam, avaliam e legitimam os conhecimento dentro de uma estrutura disciplinar” (p. 99).

do conhecimento (Ford, 2008) e ao fato de a argumentação enfatizar o uso de evidências a favor e contra os enunciados (Driver et al., 2000). Entretanto, isso requer que o professor compreenda o papel da prática argumentativa no processo de construção e avaliação do conhecimento científico. Dessa forma, sugerimos que, no ensino de argumentação, o professor formador trabalhe e promova reflexões explícitas sobre o papel das evidências e justificativas na produção e avaliação do conhecimento, e sobre as relações das capacidades argumentativas com os processos de construção, avaliação e comunicação do conhecimento científico. Nossa recomendação se justifica por consideramos que essas discussões explícitas podem contribuir para que os professores em formação reconheçam a ciência com uma construção social e tomem consciência da importância da prática argumentativa para essa construção para que, a partir daí, possam promover um ensino de ciências pautado em práticas científicas que geram conhecimentos e não em uma mera aceitação de uma coleção de fatos inquestionáveis.

Ainda em relação à estrutura do programa, o fato de as contribuições do ensino de argumentação estar associadas à perspectiva de ensino construtivista ressalta a importância do ensino explícito de argumentação ser incorporado em um currículo coerente com a proposta de ensino por argumentação. Percebemos uma forte influência das experiências anteriores das alunas com a perspectiva de ensino construtivista no desenvolvimento do conhecimento sobre justificativas, materiais instrucionais e da estratégia de ensino referente à proposição de questões abertas. Isto significa dizer que o ensino de argumentação deve ser associado a uma perspectiva de ensino que vise a construção do conhecimento com os alunos e não a transmissão de fatos científicos. Além disso, com base nessa conclusão, apontamos que as discussões explícitas sobre argumentação devem ocorrer nos cursos de formação, continuada ou inicial, após os professores em formação passarem a reconhecer o seu papel de mediadores das situações de construção do conhecimento científico e a importância de o aluno compreender ciências como um empreendimento social.

Durante o processo de ensino-aprendizagem de argumentação vivenciado pela amostra desse trabalho, percebemos que as alunas tiveram dificuldades de mobilizar as evidências para os conhecimentos científicos, tanto durante as atividades quanto nas situações de planejamento ou nas simulações de aulas. Consideramos que tal dificuldade pode estar associada ao fato de, durante as disciplinas de conteúdo químico, as alunas não terem oportunidades de explorar as evidências e justificativas para os conhecimentos. Em outras

palavras, o ensino vivenciado pelas alunas durante as disciplinas de conteúdo químico pode ser concebido como centrado na fala do professor e com poucas oportunidades para os alunos participarem ativamente do processo de aprendizagem. Por exemplo, nas disciplinas de caráter prático, os alunos reproduzem as experiências presentes nos roteiros cujos objetivos se relacionam a verificar a ocorrência de um determinado fenômeno, ou seja, não há espaço para investigação e argumentação. Diante disto, sugerimos que os cursos de formação de professores envolvam seus alunos em um ensino mais dialógico, trabalhe os conhecimentos científicos a partir das evidências e justificativas, oportunize a participação dos mesmos em atividades investigativas etc. Em suma, sugerimos que os cursos de formação de professores ofereçam aos alunos experiências de vivenciar um ensino coerente com a forma como se espera que eles ensinem nas perspectivas mais contemporâneas.

A partir das conclusões e implicações para o ensino apresentadas até o momento, consideramos que esse trabalho pode contribuir para área de ensino de ciências e formação de professores ao ressaltar:

- A importância do ensino por argumentação para a formação dos alunos;
- O papel do professor na condução dessa abordagem de ensino; e
- A estruturação de um programa de formação de professores direcionado ao ensino de argumentação.

Acreditamos que essas contribuições são ainda mais relevantes no contexto nacional, no qual há uma dicotomia entre os Parâmetros Curriculares Nacionais (MEC, 2011), documento que norteia o ensino básico, e as Diretrizes Curriculares para os Cursos de Química (MEC, 2001a), as quais norteiam a organização dos cursos superiores de Química. Isto porque, embora os Parâmetros Curriculares apontem as competências que os alunos devem desenvolver ao longo do ensino básico, as Diretrizes Curriculares para os Cursos de Química não apontam quais conteúdos devem ser explorados nas disciplinas pedagógicas específicas dos cursos de Licenciatura para que o professor possa ter condições de favorecer o desenvolvimento de tais competências. Então, a seleção dos conteúdos específicos de ensino de química fica a cargo e a mercê do interesse e disponibilidade dos professores formadores. Logo, julgamos que esse estudo pode contribuir para a estruturação e reestruturação dos programas de formação inicial de professores de química, uma vez que:

- Ressalta a importância de envolver os alunos em práticas argumentativas;

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

- Identifica os conhecimentos dos professores referentes à argumentação necessários para que eles possam promover e conduzir situações argumentativas em suas salas de aula; e
- Apresenta uma discussão crítica de uma estrutura para desenvolver os conhecimentos dos professores sobre argumentação.

Outra implicação desse estudo para a área de formação de professores diz respeito ao desenvolvimento do conhecimento pedagógico de conteúdo durante a formação inicial. PCK é considerado um conhecimento crucial para a prática docente, pois se refere ao conhecimento do professor em prática, isto é, ao conhecimento do professor em situações de ensino. O conhecimento pedagógico de conteúdo é um conhecimento desenvolvido ao longo das experiências de ensino do professor, pois é associado à capacidade do docente de transformar o conteúdo a ser ensinado em benefício dos aprendizes (Berry et al., 2008; Kind, 2009). O fato de o desenvolvimento do PCK estar atrelado principalmente às experiências práticas do professor implica que professores em formação ou recém-formados tenham seu PCK pouco desenvolvido. Entretanto, dada a importância desse conhecimento para a formação docente, pesquisadores tem-se dedicado a investigar formas de começar a desenvolver o PCK durante a formação inicial de professores (Bertram & Loughran, 2014). Nesse sentido, de forma mais geral, acreditamos, assim como Zembaul-Saul (2009), que a aprendizagem, durante a formação inicial, de ferramentas que deem suporte a ações docentes que possam favorecer aprendizagens dos alunos é uma maneira de contribuir para o desenvolvimento do PCK de professores em formação inicial.

Finalmente, uma contribuição significativa deste trabalho para a formação de professores e para a pesquisa na área é a proposição das categorias *conhecimento sobre* e *conhecimento para a ação docente* em relação às práticas epistêmicas da ciência, como a argumentação. A categoria *conhecimento sobre* se refere à compreensão sobre a natureza de determinada estratégia ou abordagem de ensino. Por exemplo, o conhecimento sobre modelagem poderia envolver o entendimento sobre o significado de modelos, a compreensão de como a modelagem se desenvolve na ciência etc. Por outro lado, o *conhecimento para ação docente* diz respeito aos conhecimentos essenciais ao professor para que ele possa trabalhar adotando determinada estratégia ou abordagem de ensino. Por exemplo, no caso da modelagem, o conhecimento para ação docente poderia envolver o domínio de experimentos adequados à proposta, materiais instrucionais etc. Assim, os cursos de formação de

professores poderiam estruturar o ensino sobre abordagens e estratégias de ensino relacionadas a práticas epistêmicas da ciência focando nessas duas dimensões dos conhecimentos relativos ao objeto de ensino, isto é, promovendo situações que favoreçam a aprendizagem da caracterização e das particularidades dessas duas dimensões de conhecimento. Dessa forma, os professores em formação poderiam aprender tanto sobre a abordagem ou estratégia de ensino quanto como trabalhar com elas no ensino de ciências. Isto poderia estimular o desenvolvimento do PCK dos professores ainda na formação inicial, pois eles iriam adquirir uma boa base de conhecimentos que os possibilitasse planejar e conduzir estratégias ou abordagens de ensino em situações regulares de ensino com maior segurança.

Em termos da pesquisa na área, a proposição dessas dimensões de conhecimento a partir de um estudo focado em uma única prática epistêmica da ciência – a argumentação – abre novas perspectivas de investigação envolvendo estratégias ou abordagens de ensino fundamentadas em outras práticas epistêmicas. De forma mais clara, algumas questões poderiam ser investigadas:

- Como o conhecimento de professores em formação inicial acerca de estratégias ou abordagens de ensino fundamentadas em outras práticas epistêmicas da ciência (por exemplo, investigação, modelagem) pode ser caracterizado? Isto pode ser feito de forma análoga à caracterização do conhecimento acerca de argumentação dos professores em formação que participaram deste estudo?
- O desenvolvimento de tais conhecimentos pode ser fomentado a partir de estratégias e ações semelhantes às que foram adotadas pela professora formadora neste estudo? Por quê?

Tendo em vista (i) as contribuições da prática argumentativa para a formação do aluno no âmbito social e científico (Jiménez-Aleixandre, 2010), (ii) a aprendizagem por argumentação oportunizar aos alunos conceber ciências como um conjunto de práticas epistêmicas (Duschl, 2008a, 2008b; Kelly, 2008), e (iii) as crescentes discussões sobre as contribuições do ensino de ciências pautado em práticas científicas para o desenvolvimento da visão de ciências dos alunos (Christodoulou & Osborne, 2014; Osborne, 2014), importantes questões de pesquisa associadas à prática do professor emergem:

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

- Os professores que vivenciaram o ensino explícito de argumentação são capazes de promover situações argumentativas em sala de aula? Em caso afirmativo, há relação entre os conhecimentos de argumentação desenvolvidos na formação inicial e a capacidade do professor de promover situações argumentativas?
- Os professores que vivenciaram o ensino de argumentação inicial são capazes de engajar seus alunos nas práticas epistêmicas de construção, justificação e avaliação do conhecimento? Em caso afirmativo, há relação entre os conhecimentos de argumentação desenvolvidos na formação inicial e a capacidade do professor de engajar os alunos nessas práticas epistêmicas?

Essas questões se justificam pelo fato de os professores precisarem engajar os alunos em práticas epistêmicas para que eles possam desenvolver o entendimento sobre como a ciência produz e valida seus conhecimentos. Segundo Osborne (2014), os alunos só irão entender como os cientistas atribuem credibilidade às conclusões quando eles tiverem a oportunidade de vivenciar as práticas científicas. Logo, é essencial que o professor saiba como envolver os alunos nessas práticas. Entretanto, para que o professor possa engajar os alunos em práticas científicas, ele precisa ter desenvolvido seus conhecimentos sobre tais práticas, o que pode ocorrer a partir da formação inicial. Dessa forma, investigar as relações entre os conhecimentos desenvolvidos na formação inicial sobre a prática científica de argumentar e a capacidade do professor de proporcionar aos estudantes um ensino de ciências pautado em nessa prática pode fomentar as discussões sobre formação de professores nessa perspectiva de ensino. Isto porque essas questões permitem investigar as possíveis contribuições ou limitações do ensino de uma prática científica durante a formação inicial para o conhecimento dos professores sobre como ensinar ciências nessa perspectiva.

Considerando que o ensino de ciências deve oferecer ao aluno tanto a oportunidade de aprender sobre a ciência quanto sobre os conteúdos científicos, uma implicação desse trabalho está associada a questões de pesquisa relacionadas tanto ao conhecimento de conteúdo quanto ao conhecimento pedagógico de conteúdo do professor. Shulman (1986) ressalta que o conhecimento de conteúdo do professor envolve o entendimento da estrutura do conteúdo, o que segundo Schwab (1978 apud Shulman, 1986), incluiria a estrutura substantiva e sintática. A estrutura substantiva está relacionada ao entendimento sobre a variedade de formas de se organizar uma disciplina incorporando os conteúdos, enquanto a estrutura sintática se refere ao conjunto de regras que determina o que é legítimo em um

domínio disciplinar ou o que determina a validade de ideias concorrentes. Diante disso, é plausível afirmar que o conhecimento do professor sobre a estrutura sintática do conteúdo implica no entendimento sobre as práticas científicas ou práticas epistêmicas. Por outro lado, o PCK significa a capacidade do professor de representar e formular o conteúdo de forma que ele possa ser compreendido por outras pessoas (Shulman, 1986). Diante dessas considerações, destacamos que é preciso que as pesquisas da área de formação de professores investiguem:

- Como o ensino de práticas epistêmicas durante a formação inicial de professores influencia o conhecimento de conteúdo desses professores, principalmente no que diz respeito à estrutura sintática? Isto estaria relacionado à aprendizagem do *conhecimento sobre a prática científica*, conhecimento este que permite que o professor entenda como o conhecimento é legitimado.
- Como os conhecimentos dos professores sobre as abordagens de ensino favoráveis ao ensino de ciências por argumentação ou, de forma mais geral, em práticas científicas, influencia o desenvolvimento do PCK dos professores?

Além disso, considerando que os conhecimentos sobre argumentação e para a ação docente em argumentação desenvolvidos pelas alunas na disciplina PEQIV podem constituir a base (ou parte da base) a partir da qual elas poderão planejar suas futuras ações docentes, outras questões de pesquisa emergem:

- Há influência do *conhecimento sobre argumentação* desenvolvido na formação inicial no conhecimento de conteúdo dos professores de Química? Qual(is) é(são) essa(s) influência(s)?
- Há influências do ensino de argumentação, durante a formação inicial, pautado na noção de *conhecimento sobre e conhecimento para ação docente* no desenvolvimento no PCK do professor recém-formado? Qual(is) é(são) essa(s) influência(s)?
- Como os conhecimentos de argumentação desenvolvidos na formação inicial influenciam o PCK de professor de ciências?

A discussão da primeira questão de pesquisa pode contribuir para a literatura da área de formação de professores, pois implica em investigar se o fato de professores em formação desenvolverem seus conhecimentos *sobre* as práticas epistêmicas influencia as suas

concepções sobre como o conhecimento de determinada área é legitimado. À princípio, nos parece plausível imaginar que a aprendizagem do conhecimento sobre práticas epistêmicas impacta no conhecimento de conteúdo dos professores, pois durante o ensino dessas práticas os professores teriam oportunidade de refletir sobre *como* aquele conteúdo é construído e legitimado, o que pode reforçar o conhecimento de conteúdo em termo da estrutura sintática.

As questões relacionadas ao desenvolvimento do PCK e as suas relações com o ensino de práticas epistêmicas foram pautadas na noção de PCK que engloba o domínio dos conhecimentos de(o): orientações para o ensino de ciências, avaliação das aprendizagem dos alunos, estratégias instrucionais, entendimento de ciências dos alunos e de currículo de ciências. Essa noção ampla de PCK tem sido defendida por vários autores (Bertram & Loughran, 2014; Magnusson et al., 1999; Park & Chen, 2012; Park & Oliver, 2008). Acreditamos que as discussões dessas questões podem contribuir para a literatura da área de formação de professores, pois nos permitem investigar as relações do ensino das práticas epistêmicas – por exemplo, a argumentação – sobre a forma como os professores ensinam ciências em suas salas regulares de ciências. Em outras palavras, julgamos que as discussões dessas questões podem ajudar a investigar como o ensino das práticas epistêmicas influencia a visão do professor sobre: os objetivos do ensino de ciências, a seleção de métodos de avaliação adequados aos objetivos do ensino, as estratégias instrucionais adotadas e a organização do currículo.

Em suma, acreditamos que a investigação de questões como estas tem grande potencial para contribuir para as discussões na literatura da área e, em um segundo momento, para dar suporte a novas ações no contexto de formação de professores de ciência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- André, M. E. D. A. (2010). *Etnografia da Prática Escolar* (17 ed.). Campinas: Papirus.
- Berry, A., Loughran, J., & van Driel, J. (2008). Revisiting the Roots of Pedagogical Content Knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(1), 1271-1279.
- Bertram, A., & Loughran, J. (2014). Planting the seed: Scaffolding the PCK development of pre-service science teacher. In H. Venkat, M. Rollnick, J. Loughran & M. Askew (Eds.), *Exploring Mathematics and Science Teachers' Knowledge: Windows into teacher thinking*. Abingdon, U.K.: Routledge.
- Beyer, C. J., & Davis, E. A. (2012). Learning to Critique and Adapt Science Curriculum Materials: Examining the Development of Preservice Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Science Education*, 96(1), 130-157.
- Carvalho, A. M. P. (2013). O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In A. M. P. Carvalho (Ed.), *Ensino de Ciências por Investigação*. São Paulo: Cengage Learning.
- Cavagnetto, A. R. (2010). Argument to Foster Scientific Literacy: A Review of Argument Interventions in K-12 Science Contexts. *Review of Education Research*, 80(3), 336-371.
- Christodoulou, A., & Osborne, J. (2014). 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*, 51(10), 1275-1300.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research Methods in Education* (7th ed.). New York: Routledge.
- Correa, H. L. S. (2011). *Análise das capacidades argumentativas de professores de química recém formados na Universidade Federal de Minas Gerais*. Unpublished Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Davis, E. A., Petish, D., & Smithey, J. (2006). Challenges New Science Teachers Face. *Review of Education Research*, 76(4), 607-651.
- Dawson, V. M., & Venville, G. (2010). Teaching Strategies for Developing Students' Argumentation Skills About Socio-scientific Issues in High School Genetics. *Research in Science Education*, 40(2), 133-148.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.

- Duschl, R. A. (1990). *Restructuring Science Education: The Importance of Theories and Their Development*. New York: Teachers College Press.
- Duschl, R. A. (2008a). Quality Argumentation and Epistemic Criteria. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research* (pp. 159-170). Dordrecht: Springer.
- Duschl, R. A. (2008b). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268-291.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Talking Science to school: Learning and teaching Science in Grades K-8*. Washington: The National Academies Press.
- Erduran, S., & Pabuccu, A. (2012). *Bonding Chemistry and Argument: Teaching and Learning Argumentation through Chemistry Stories* Bristol: University of Bristol
- Evagorou, M., & Dillon, J. (2011). The Professional Knowledge Base of Science In D. Corrigan, J. Dillon & R. Gunstone (Eds.), *Argumentation in the Teaching of Science* (pp. 189-203). Dordrecht: Springer.
- Evagorou, M., Jiménez-Aleixandre, M. P., & Osborne, J. (2012). 'Should We Kill the Grey Squirrels?' A Study Exploring Students' Justifications and Decision-Making. *International Journal of Science Education*, 34(3), 401-428.
- Figueirêdo, K. L. (2008). *Formação Continuada de Professores de Química Buscando Inovação, Autonomia e Colaboração: Análise do desenvolvimento de seus conhecimentos sobre modelagem a partir do envolvimento em pesquisa-ação em um grupo colaborativo*. Unpublished Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Ford, M. (2008). Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning. *Science Education*, 92(3), 404-423.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to a more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130.
- Green, J. L., Dixon, C. N., & Zaharlick, A. (2005). A etnografia como uma lógica de investigação. *Educação em Revista*, 42, 13-79.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2008). Argumentation in Science Education: An overview. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science*

- Education: Perspectives from Classroom-Based Research* (pp. 3-27). Dordrecht: Springer.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Otero, J. R. G., Santamaría, F. E., & Puig Mauriz, B. (2009). *Actividades para Traballar o Uso de Probas e a Argumentación en Ciencias*. Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Pereiro Muñoz, C. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1171-1190.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Puig Mauriz, B. (2010). Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: El caso de la inteligencia. *Alambique*, 63, 11-18.
- Justi, R., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity and epistemic practices. In R. A. Duschl & R. Grandy (Eds.), *Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation* (pp. 99-117). Rotterdam: Sense Publishers.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: Perspectives and potential for progress *Studies in Science Education*, 45(2), 169-204.
- Kind, V. (2014). Science teachers' content knowledge. In H. Venkat, M. Rollnick, J. Loughran & M. Askew (Eds.), *Exploring Mathematics and Science Teachers' Knowledge: Windows into teacher thinking* (pp. 27-43). Abingdon, U.K.: Routledge.
- Kuhn, D. (1991). *The Skills of Argument*. New York: Cambridge University.
- Latour, B. (2000). *Ciência em ação: Como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora* (I. C. Benedetti, Trans.). São Paulo: UNESP.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2006). Scientific Thinking and Science Literacy: Supporting Development in Learning in Contexts. In W. Damon, R. M. Lerner, K. A. Renninger & I. E. Sigel (Eds.), *Handbook of Child Psychology* (Vol. 4, pp. 153-196). Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers pedagogical content knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Ludke, M., & André, M. E. D. A. (2011). *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas* (13 ed.). São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA.

- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge - The Construct and its Implications for Science Education* (pp. 95-132). Dordrecht: Kluwer.
- Martins, M. R., Ibraim, S. S., & Mendonça, P. C. C. (2013). *Avaliação de Capacidades Argumentativas de Professores de Química em Formação Inicial*. Paper presented at the IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.
- Mavhunga, E. (2014). Improving PCK and CK in preservice teachers. In H. Venkat, M. Rollnick, J. Loughran & M. Askew (Eds.), *Exploring Mathematics and Science Teachers' Knowledge: Windows into teacher thinking* (pp. 45-64). Abingdon, U.K.: Routledge.
- McNeill, K. L., & Knight, A. M. (2013). Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Scientific Argumentation: The Impact of Professional Development on K-12 Teachers. *Science Education*, 97(6), 936-972.
- McNeill, K. L., & Pimentel, D. S. (2010). Scientific Discourse in Three Urban Classrooms: The Role of the Teacher in Engaging High School Students in Argumentation. *Science Education*, 94(2), 203-229.
- MEC. (2001a). *Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química*. Brasília: Ministério da Educação.
- MEC. (2001b). *PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: SEMTEC-CNE.
- MEC. (2006). *Orientações Curriculares para o Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: Secretária da Educação Básica.
- MEC. (2011). *Parâmetros Curriculares Nacionais +*. Brasília: Secretária da Educação Básica.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2009). *Proposição de um instrumento para avaliação de habilidades argumentativas - Parte I: fundamentos teóricos*. Paper presented at the VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências Florianópolis, 08 a 13 de novembro.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2013). The Relationships Between Modelling and Argumentation from the Perspective of the Model of Modelling Diagram. *International Journal of Science Education*, 35(14), 2407-2434.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*. Philadelphia: Open University Press.

- National Research Council. (2012). *A Framework For K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.
- Nilsson, P. (2008). Teaching for Understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science Education, 30*(10), 1281-1299.
- Osborne, J. (2012). The Role of Argument: Learning How to Learn in School Science. In K. T. Barry J. Fraser, Campbell J. Mc Robbie (Ed.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 933-949). Dordrecht: Springer
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal Science Teacher Education, 25*(2), 177-196.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). *Ideas, Evidence and Argumentation in Science (IDEAS) Project - In-Service Training Pack*. London: King's College London.
- Osborne, J., MacPherson, A., Patterson, A., & Szu, E. (2012). Introduction. In M. S. Khine (Ed.), *Perspectives on Scientific Argumentation* (pp. 3-15): Springer.
- Ozdem, Y., Ertepinar, H., Cakiroglu, J., & Erduran, S. (2013). The Nature of Pre-service Science Teachers' Argumentation in Inquiry-oriented Laboratory Context. *International Journal of Science Education, 35*(15), 2559-2586.
- Park, S., & Chen, Y. (2012). Mapping Out the Integration of the Components of Pedagogical Content Knowledge (PCK): Examples From High School Biology Classrooms. *Journal of Research in Science Teaching, 49*(7), 922-941.
- Park, S., & Oliver, S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education, 38*, 261-284.
- Pitjeng, P. (2014). Novice unqualified graduate science teachers' Topic Specific Pedagogical Content Knowledge, Content Knowledge and their beliefs about teaching. In H. Venkat, M. Rollnick, J. Loughran & M. Askew (Eds.), *Windows into mathematics and science teachers' knowledge*. Abingson, U.K: Routledge.
- Queiroz, A. S., & Sá, L. P. (2009). O Espaço para a Argumentação no Ensino Superior de Química. *Educación Química, 20*(2), 104-110.
- Sadler, T. D., & Donnelly, L. A. (2006). Socio-scientific Argumentation: The effect of content knowledge and morality. *International Journal of Science Education, 28*(12), 1463-1488.

- Sampson, V., & Blanchard, R. M. (2012). Science Teacher and Scientific Argumentation: Trends in Views and Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(9), 1122-1148.
- Sampson, V., Enderle, P., Grooms, J., & Witte, S. (2013). 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*, 97(5), 643-670.
- Schwarz, B. B. (2009). Argumentation and Education: Theoretical Foundations and Practices. In N. M. Mirza & A.-N. Perret-Clermont (Eds.), *Argumentation and Learning* (pp. 91-126). Dordrecht: Springer.
- Schwarz, C. V., Gunckel, K. L., & Smith, E. L. (2008). Helping Elementary Preservice Teachers Learn to Use Curriculum Materials for Effective Science Teaching. *Science Education*, 92(2), 345-377.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: knowledge Growth in Teaching. *Educational Research*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-21.
- Silva, J. A. D. (2000). *Atividades investigativas no ensino de eletroquímica*. Unpublished Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Silva, M. V. D. (2010). *Reações de estudantes frente a dados inesperados*. Unpublished Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 235-260.
- Sperandeo-Mineo, R. M., Fazio, C., & Tarantino, G. (2006). Pedagogical Content Knowledge Development and Pre-Service Physics Teacher Education: A Case Study. *Research in Science Education*, 36(3), 235-268.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of Argument*. New York: Cambridge University Press.
- Venville, G. J., & Vaille, M. D. (2010). The impact of a classroom intervention on grade 10 students' argumentation skills, informal reasoning and conceptual understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 952-977.
- Zembaul-Saul, C. (2009). Learning to Teach Elementary School Science as Argument. *Science Education*, 93(4), 687-719.

ANEXOS

Anexo 1. Halloween Crush¹⁸

Era um dia de Halloween excepcionalmente frio. O dia estava congelado e coberto de neve das montanhas. Alguns adolescentes alugaram um chalé nas montanhas para realizar uma festa de Halloween. Por causa da tempestade e da neve pesada, eles ficaram presos no chalé. Os adolescentes não estavam se importando muito com a nevasca incomum, porque eles haviam levado um monte de comida e bebidas com eles. Eles começaram a preparar uma grande jantar de Halloween, mas depois de um tempo eles perceberam que não trouxeram óleo ou manteiga. Como a moradia não havia sido utilizada por um longo período de tempo, havia praticamente nada na cozinha. Depois de vasculhar o chalé por um longo tempo, eles encontraram uma lata de óleo de oliva vazia na cozinha. Eles ficaram chateados e pararam o preparo do jantar, decidiram comer apenas lanches frios e sanduíches em frente à lareira. Enquanto eles estavam contando uns aos outros histórias de horror, Jane estava na cozinha. De repente, ouviram Jane gritar na cozinha. Os adolescentes correram para a cozinha, onde encontraram Jane aflita. Mas alguns segundos depois, quando Jane viu seus amigos preocupados com o medo dela, ela caiu na gargalhada e começou, alegremente, a explicar o que havia acontecido. Ela disse que percebeu que havia um pouco de azeite congelado no fundo da lata e, afim de se livrar deste óleo congelado, ela começou a esquentar a lata no fogão. No entanto, poucos minutos depois, a tampa da lata de óleo de repente explodiu com um ruído alto, ela se assustou e gritou. Outro adolescente, Eddie, segurou a lata de óleo com um pedaço de pano e a retirou do fogão. Ele atentamente colocou a tampa na lata e deixou-a na cozinha. Depois de cinco minutos, enquanto todos os adolescentes estavam em frente à lareira continuando a contar histórias de terror, eles ouviram alguns barulhos estranhos vindos da cozinha. Mas agora, não havia ninguém na cozinha. Eles ficaram com medo! Ao menos quando alguém criou coragem de ir para a cozinha, eles viram que não só não havia ninguém lá, mas como a lata de óleo tinha esmagado ruidosamente por si só. Agora eles estavam realmente com medo e se abraçaram em desespero. Sebastian tentou acalmá-los dizendo que

¹⁸ Erduran, S., & Pabuccu A. (2012). *Bonding Chemistry and Argument: Teaching and Learning Argumentation through Chemistry Stories*. Bristol: University of Bristol.

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

ele sabia o que tinha acontecido! Lembrou-se de suas aulas de química e explicou o que tinha acontecido na cozinha usando o seu conhecimento de química.

1. Na tabela algumas razões para o fenômeno são apresentadas. **Avalie** quais delas Sebastian deve ter utilizado para explicar porque a tampa explodiu. **Classifique** as razões em 0 = não relevante; 1 = pouco relevante; 2 = definitivamente relevante ao caso. Se você não consegue avalia-las, coloque sem ideias (SE). **Justifique** porque determinada razão é plausível.

A razão da tampa explodir é	Classificação	Justificativas
Aumento da pressão dentro da lata.		
Aumento do volume das moléculas gasosas dentro da lata.		
Aumento da velocidade das moléculas gasosas dentro da lata.		
Aumento do choque entre as moléculas gasosas dentro da lata.		
Ar quente sobe.		
A não igualdade entre a pressão interna e externa do ar.		
Expansão da lata devido ao aquecimento.		

Proponha sua explicação para o fenômeno de explosão da tampa da lata de óleo quando aquecida.

2. Na tabela são apresentadas razões para o esmagamento da lata de óleo por si só. **Avalie** quais delas poderiam ter sido utilizadas por Sebastian e as **ordene** de 1 (mais relevante) a 6 (menos relevante).

A razão da tampa se deformar é	Classificação	Justificativas
A força da pressão do ar.		
Ausência de moléculas de gás dentro da lata.		
O número de moléculas gasosas dentro da lata diminui.		
O volume de moléculas gasosas dentro da lata diminui.		
A velocidade das moléculas gasosas dentro da lata diminui.		
O volume da lata diminui.		

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

Proponha sua explicação para o fenômeno de esmagamento da lata de óleo.

3. O que aconteceria se Eddie não tivesse fechado a tampa da lata de óleo de oliva após retirá-la do fogão? Proponha sua explicação para o que ocorreria se Eddie não tivesse fechado a tampa.
4. Observe as respostas dos demais. Há alguma divergência? Houve estabelecimento de consenso?

Anexo 2. Por que sabemos o que sabemos?¹⁹

1. Na primeira coluna são apresentadas algumas afirmativas relacionadas a conteúdos usualmente estudados em Química. Na segunda coluna, apresente alguma evidência relacionada a cada afirmativa. Uma vez apontada a evidência, selecione uma justificativa que demonstra porque a evidência suporta a afirmativa.

Afirmativa	Evidência	Justificativa
Água salgada é uma mistura.		
Cloreto de sódio, NaCl, é uma substância composta.		
O ar atmosférico é uma mistura de diferentes substâncias e elementos.		
O oxigênio é necessário nas reações de combustão.		
Cloreto de sódio, NaCl, é uma substância iônica.		
Transformação química é todo processo que leva a formação de novas substâncias.		
Um sistema em equilíbrio químico pode ser caracterizado pela constância das concentrações de reagentes e produtos.		

2. Estudantes tendem a confundir os conceitos de substâncias compostas e misturas. Como, a partir de evidências, você provaria para um estudante que acha que água salgada é uma mistura?
3. Estudantes tendem a confundir ligações covalentes com interações intermoleculares. Como você convenceria (da explicação científica) um aluno que pensa que vapor d'água é uma mistura de oxigênio e hidrogênio.

¹⁹ Adaptada a partir de uma atividade apresentada em: Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). *Ideas, Evidence, and Argument in Science (IDEAS) Project – In-Service Training Pack*. London: King's College London.

Anexo 3. Crânio de Copérnico²⁰

O astrônomo Nicolau Copérnico (1473-1543) propôs a ideia de que a Terra girava ao redor do Sol – e não o contrário – a partir de dados. Copérnico viveu os últimos anos de sua vida em Frombork (Polônia), onde morreu aos 70 anos. No século XVII, durante uma invasão da Suécia na Polônia, parte de sua biblioteca foi levada para a Suécia, onde se encontra hoje (Upsala). Dizia-se que ele havia sido enterrado na catedral de Frombork, mas lá não existe nenhum túmulo com seu nome (o que, naquela época, não era raro). Durante muitos anos, arqueólogos de vários países buscaram, em vão, encontrar seus restos mortais.

Em agosto de 2005, uma equipe dirigida por Jerzy Gassowski encontrou, embaixo da catedral de Frombork, na região próxima ao altar, restos mortais (um crânio, vértebras, um fêmur e alguns dentes) que foram atribuídos à Copérnico. A identificação inicial se baseou em semelhanças entre o crânio e retratos de Copérnico, como o nariz quebrado e uma cicatriz sobre o olho esquerdo.

Estudos forenses do crânio indicaram que ele correspondia ao de um homem de aproximadamente 70 anos. O laboratório forense da Polônia utilizou o crânio para fazer uma reconstrução computadorizada do rosto do homem ao qual ele pertenceu e o resultado foi semelhante aos retratos de Copérnico.

A especialista sueca em genética Marie Allen analisou o DNA de um dente extraído deste crânio, de uma vértebra e do fêmur. Para compará-lo, ela localizou, entre as páginas do livro *Calendarium Romanum Magnum* (que pertencia à Copérnico e agora está em Upsala), quatro fios de cabelo. Em novembro de 2008, esta análise do DNA permitiu comprovar que dois dos fios de cabelo, o dente e os ossos pertenciam a uma mesma pessoa.

Os dados foram divulgados na imprensa com manchetes como: “O DNA confirma que os restos encontrados em 2005 são os de Copérnico”, “Um esqueleto do século XVI identificado como o do astrônomo Copérnico”, “Tem fim a busca pelo túmulo do astrólogo Copérnico que durava século” (o que contém um erro, uma vez que astrólogo e astrônomo não são a mesma coisa).

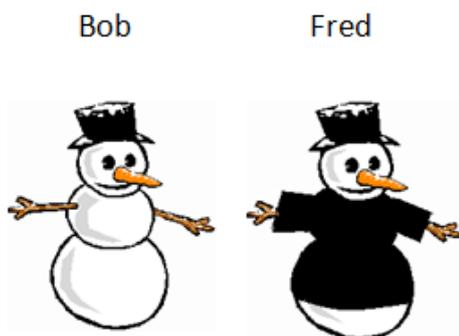
²⁰ Jiménez-Aleixandre, M.P. (2010). *10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.

Questões:

1. Você considera que as evidências são suficientes para identificar os restos encontrados como os de Copérnico? Seria suficiente dispor unicamente de uma ou duas delas? Explique.
2. Faça uma lista de todas as evidências que são citadas para identificar os restos. Em seguida, ordene-as das mais específicas (as que comprovariam que os restos são de Copérnico) para as menos específicas (que poderiam ser de alguém de sua época que tivesse características semelhantes às dele). Justifique a ordem proposta.
3. Ordene a lista anterior de maior para menor confiabilidade, quer dizer, iniciando pela evidência que lhe parece mais convincente para a menos convincente. Explique a ordem proposta.
4. Para uma ou algumas dessas evidências, proponha uma explicação alternativa à que foi proposta (de que o crânio e os restos pertenciam à Copérnico).

Anexo 4. Bonecos de neve²¹

Considere que os dois bonecos de neve têm a mesma massa. A única diferença entre eles é o fato do Fred está vestido com um casaco preto.



1. Suponha que os dois bonecos de neve estejam em um mesmo local, qual deles vocês acha que irá derreter primeiro?
2. Por que você acha que o boneco indicado na questão anterior irá derreter primeiro?
3. Você conseguiria pensar em outro argumento para o seu ponto de vista? Qual? E por quê?
4. Você poderia pensar em algo que falsificaria seu ponto de vista? O que e por quê?
5. Considere os argumentos apresentados por cada um dos bonecos:

²¹ Adaptada a partir de uma atividade apresentada em: Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). *Ideas, Evidence, and Argument in Science (IDEAS) Project – In-Service Training Pack*. London: King's College London. Apresentada originalmente em: Mendonça, P. C. C. & Justi, R. (2009). *Proposição de um instrumento para avaliação de habilidades argumentativas - Parte I: fundamentos teóricos*. Trabalho apresentado no VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências Florianópolis, 08 a 13 de novembro.

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM



Com qual dos bonecos você concorda?

5a- (Caso concorde com Bob) Justifique o motivo.

5b- (Caso concorde com Fred) Justifique o motivo.

5c- (Caso discorde de Bob) Como você discutiria a ideia apresentada por Bob?

5d- (Caso discorde de Fred) Como você discutiria a ideia apresentada por Fred?

6. Suponha que um sujeito ache que se os dois bonecos estiverem num ambiente com temperatura acima da temperatura de congelamento, por exemplo 6°C , o Bob derrete primeiro, mas se eles estiverem em ambiente com temperatura abaixo da temperatura de congelamento, por exemplo, -6°C , o Fred é quem derrete primeiro. Você acha que a minha ideia faz sentido? Você concorda com ela? Por que?)

Anexo 5. Atividade simulada – Lara e Rafaela

O uso das embalagens plásticas no Brasil

Pela primeira vez no Brasil, as embalagens plásticas degradáveis alcançaram escala industrial. No final do ano passado (2010), a Antilhas Soluções Integradas para Embalagens fabricou cinco milhões de sacolas degradáveis de polietileno de baixa densidade (PEBD), utilizando o aditivo EMC.

A produção destinou-se à rede de perfumaria e cosméticos O Boticário. Foi uma ação pontual de Natal, mas o lançamento foi significativo e sinalizou uma nova fase para a indústria do plástico, na opinião do analista técnico da Antilhas Carlos Hugo Oliveira. Ele reconhece o subsídio oferecido por uma marca forte, como O Boticário, no entanto, aposta na rápida consolidação do conceito, sobretudo em operações específicas. “Vai demorar para o plástico degradável chegar às embalagens de linha que envolvem grandes volumes, mas a cada nova ação, mais negócios serão realizados”, acredita. Antes da comercialização dos sacos plásticos, a Antilhas não recebia consultas referentes a esse tipo de embalagem.

O lançamento consumiu cerca de cem toneladas de resina, absorvidas na produção dos cinco milhões de sacos plásticos. Se comparada à produção total da empresa, o volume foi pouco expressivo, admite Oliveira. Afinal, em períodos de pico, são fabricadas até nove milhões de sacolas por mês. Porém, a divulgação do conceito é o mais importante. O produto está no início de seu desenvolvimento e requer tempo para se consolidar no mercado nacional de embalagens.

Já o instituto, ligado aos fabricantes de sacolas plásticas, acredita que esse tipo de plástico não sofre a decomposição que seu nome indica, mas apenas se divide em pequenos fragmentos, como um pó. Existem estudos de vários países que apontam que o plástico oxibiodegradável não se decompõe no tempo determinado e que por isso não seria verdadeira a sua denominação de “biodegradáveis”. Do outro lado está a empresa que fabrica o aditivo que provocaria a decomposição. Ela afirma que têm em sua defesa estudos provando a eficácia do aditivo.

O Instituto Sócio- Ambiental dos Plásticos (Plastivida) alega que além da mentira que envolve o nome dado ao plástico, ele se torna uma espécie de pó. Segundo um documento do

instituto, esse pó “facilmente irá parar nos córregos, rios, represas, lagos e mares. Isso significa que nossa geração poderá beber involuntariamente o plástico oxi-degradável misturado à água. E mais: os fragmentos poderão ser ingeridos por animais silvestres, pássaros e peixes, causando danos ambientais e econômicos, com consequências imprevisíveis”.

A Plastivida alerta também que o aditivo usado nesses plásticos atrapalha a reciclagem das sacolas. “[as sacolas plásticas com aditivos]. Prejudicam as propriedades mecânicas dos produtos reciclados quando misturadas com as sacolas plásticas convencionais (sem aditivos), pois reduzirão sua resistência, tornando-as mais frágeis e, conseqüentemente, aumentando seu consumo”.

Fontes:

http://fatecsorocaba.edu.br/principal/pesquisas/nuplas/dissertacoes/TCCs1sem-2012/TCC_Fabio_Martins.pdf

<http://colunas.revistaepoca.globo.com/planeta/2009/01/12/contra-o-plastico-oxi-biodegradavel/>

Perguntas:

- a. Pensando que você é dono de uma fábrica de embalagens plásticas oxi-biodegradáveis, como você defenderia o uso dessas embalagens. Use as evidências apresentadas no texto e argumente sobre.
- b. Pensando que você é dono de uma fábrica de embalagens plásticas convencionais, como você defenderia o uso dessas embalagens. Use as evidências apresentadas no texto e argumente sobre.
- c. Com quais dos fabricantes você concorda? Justifique o motivo.
- d. Pensando que você é um ativista envolvido em causas socioambientais qual tipo de embalagem plástica você optaria? Justifique seus motivos.

Anexo 6. Atividade simulada – Letícia e Gisele



Luís é um adolescente e esta no terceiro ano do ensino médio. Durante as aulas de educação física, foi feita uma avaliação do índice de massa corporal (IMC) de todos os alunos. O resultado dessa avaliação atestou que Luís estava acima do peso.

Com isso Luís percebeu que estava na hora de emagrecer. Pensando nisso, Luís pesquisou na internet três dietas emagrecedoras, que são apresentadas abaixo:

Dieta 1

Nessa dieta os alimentos são divididos por cores (vermelho, branco, roxo, marrom, amarelo/laranja e verde), e para segui-la é necessário comer alimentos da mesma cor a cada dia, na sequência indicada.

1º Dia: Cor vermelha

Café da manhã

1 copo de suco de goiaba

2 torradas integrais com uma fatia de queijo minas

Lanche da manhã

1 caqui

Almoço

3 colheres de arroz integral com carne moída e beterraba

Lanche da tarde

1 copo suco de acerola

Jantar

1 prato fundo de sopa de tomate com uma fatia de pão integral

Dieta 2

Dieta embasada em alto consumo de proteínas. Pode-se comer ovos e carnes à vontade.

Desjejum

3 a 4 fatias de presunto (de aves ou de porco)

1 a 2 fatias de queijo (amarelos sem abuso)

Ovos (de codorna ou de galinha)

Limonada fraca (meio limão), café ou chá descafeinados

Almoço

Carnes brancas à vontade (peixes ou frango), preparada a seu gosto

2-3 clara de ovos mexidas, alface, tomate e de sobremesa gelatina dietética

Jantar

O mesmo do almoço, podendo trocar a carne branca por carne vermelha

Dieta 3

Baseada na pirâmide de alimentos: 1200 calorias diárias e balanceadas

Segunda-feira

Café da manhã

1 xícara de café ou chá com adoçante

1 torrada com 1 fatia de queijo branco

1 fruta

Lanche

1 copo (250 mL) de suco de maracujá

Almoço

1 prato (sobremesa) de salada de agrião e mini cenouras

1 filé médio (110 g) de peito de frango ao forno

3 colheres (sopa) de arroz branco ou 2 ½ de integral

1 xícara (chá) de couve-flor ao vapor

1 pera

Lanche

1 banana-prata (ou ½ nanica)

Continuação da dieta 3

Jantar

- 1 prato (sobremesa) salada de palmito e alface americana
- 2 almôndegas médias (50 g cada)
- 2 colheres (sopa) de milho cozido
- 2 colheres (sopa) de arroz integral
- 1 xícara (chá) de salada de frutas

Antes de dormi

- 1 fatia média de queijo-minas

1. O Luís esta em dúvida sobre qual dieta escolher, qual você indicaria para ele? Por quê?
2. Por que você não escolheria as outras? O que elas têm de diferentes?

Dieta 1: Nessa dieta, cada dia ingere-se determinado nutriente e ao final da semana você terá ingerido todos os nutrientes necessários para seu organismo.

Por exemplo: Alimentos de cor vermelha – como morango, tomate, melancia, moça, acerola, goiaba vermelha, framboesa, cereja e pimentão vermelho – contêm licopeno que atuam como antioxidante, neutralizando os radicais livres e protegendo o coração. Também são fontes de vitamina C.

Dieta 2: Um dos motivos dessa dieta apostar na proteína é o efeito termogênico, que faz acelerar o metabolismo. É que o nosso organismo tem uma dificuldade 30% maior de digerir proteínas do que processar gorduras e carboidratos. E isso acelera a queima das gordurinhas estocadas. Elas ainda prolongam a sensação de saciedade, dão firmeza à pele, contribuem para a manutenção da massa magra (ou aumento de músculo, se você fizer exercícios com peso).

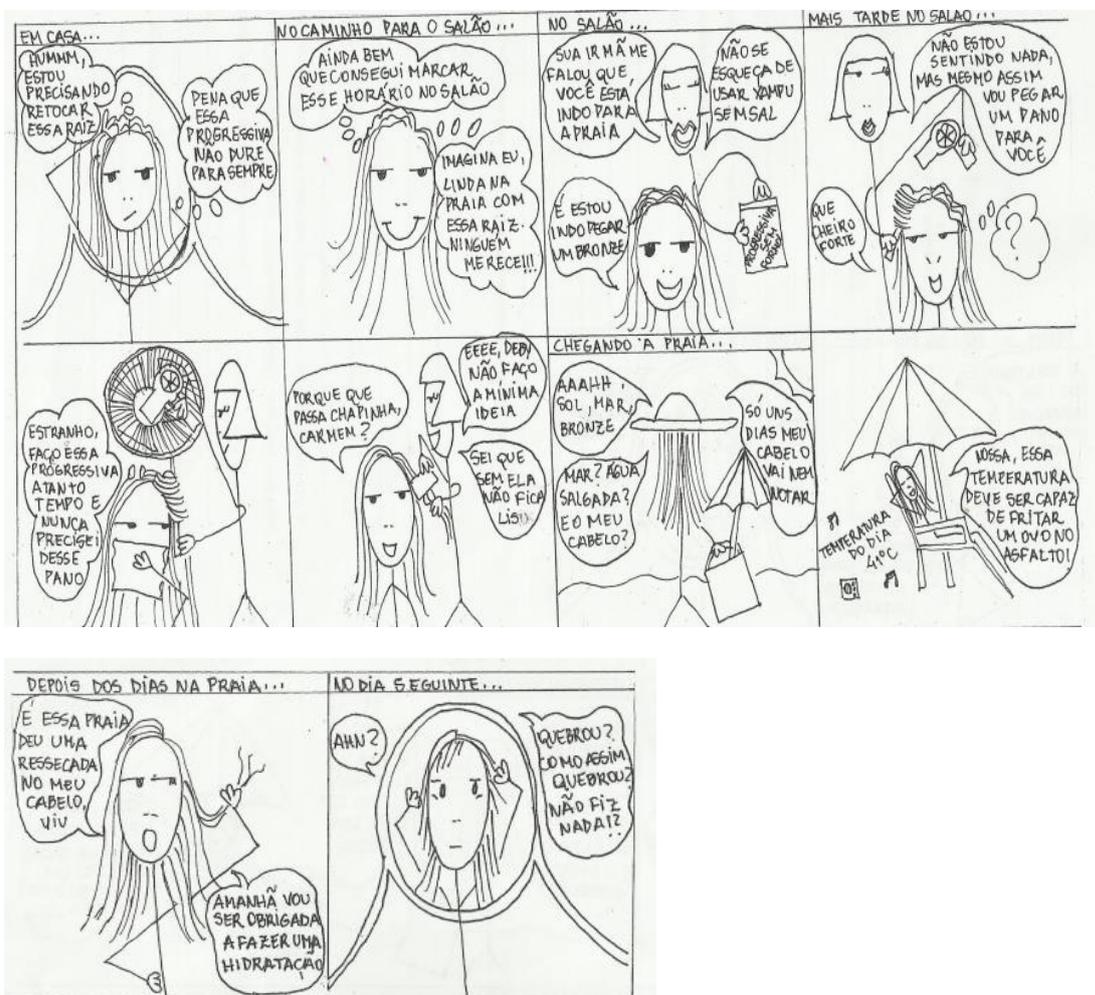
Dieta 3: Essa dieta é baseada na quantidade de calorias necessárias por dia

3. Com base nessas informações, você mudaria a dieta que você indicou?
 - a) Se sim, o que te levou a essa mudança?

- b) Se não, por que permaneceu com sua escolha?
4. Pensando em termos de nutrientes, você permaneceria com sua escolha ou mudaria de opinião? Por quê?
 5. Pensando em termos de calorias, você permaneceria com sua escolha ou mudaria de opinião? Por quê?
 6. Pensando em termos de estética, você permaneceria com sua escolha ou mudaria de opinião? Por quê?
 7. Proponha uma solução alternativa que possa ajudar o Luís a emagrecer, pensando em termos dos nutrientes necessários para o nosso organismo, calorias e estética.

Anexo 7. Atividade simulada – Isis e Maria

Por que o cabelo quebra?



1. Por que você acha que o cabelo de Deby quebrou?
2. Você acha que existe outro motivo para o cabelo de Deby ter caído?
 - 2a) Se sim, qual? Justifique a partir de seus conhecimentos prévios e das informações fornecidas.
 - 2b) Caso você não ache que exista outro motivo para o cabelo de Deby ter caído, justifique.
3. Você concorda com o que a cabelereira Carmen disse em relação ao uso da chapinha ser necessária para ocorrer o alisamento capilar? Justifique com base nas informações e nos seus conhecimentos.

4. Por que você acha que Deby ficou com receio de entrar no mar? Justifique com base nas informações e em seus conhecimentos prévios (químico).

Informações

Brasília, 21 de Março de 2007 – 17h

Anvisa alerta sobre o uso de formol em alisamento capilar

A Anvisa não registra alisantes capilares que tenham como base o formol em sua fórmula. O alerta é da Gerente-Geral de Cosméticos da Anvisa, Josineire Sallum. De acordo com a gerente, o formol, nas concentrações permitidas pela Agência, não tem função de alisante. A substância só tem uso permitido em cosméticos nas funções de conservante (limite máximo de uso permitido 0,2%, conforme a Resolução 162/01) e como agente endurecedor de unhas (limite máximo de uso permitido 5%, segundo a resolução 79/00 Anexo V).

Josineire acrescenta que os métodos utilizados no alisamento dos cabelos não são registrados pela Agência. "Escova Progressiva e de Chocolate, por exemplo, são métodos de alisamento capilar. São modismos, como já foram a Escova Francesa, o Alisamento Japonês, a Escova Definitiva, e etc. Todos esses métodos referem-se a alisamento de cabelo, e não são registrados na Anvisa."

O formol é considerado cancerígeno pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Quando absorvido pelo organismo por inalação e, principalmente, pela exposição prolongada, apresenta como risco o aparecimento de câncer na boca, nas narinas, no pulmão, no sangue e na cabeça.

Existem outras substâncias, registradas na Anvisa, que podem ser utilizadas em alisamentos capilares. Entre elas estão o Tioglicolato de Amônio, Hidróxido de Sódio, Hidróxido de Potássio, Hidróxido de Cálcio, Hidróxido de Lítio e o Carbonato de Guanidina.

<http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2007/210307>. Acessado em 21/06/2013

A queratina é uma proteína que apresenta em sua constituição cerca de 15 a 22 aminoácidos. Dentre esses, destaca-se a cisteína. Ela encontra-se ligada a outra cisteína por meio de uma ligação covalente, formado a ponte dissulfeto. A ponte dissulfeto permite a conformação helicoidal na estrutura da cisteína. Assim, quanto mais pontes dissulfetos presentes no fio, mais enovelados eles estarão. Portanto, em cabelos, quanto mais cacheados eles forem, mais cisteína o mesmo apresenta.

O formol é uma solução de 37% formaldeído que apresenta ponto de fusão -92°C e ponto de ebulição 96°C . Em reações químicas o formol reage a temperatura por volta de 40°C .

Anexo 8. Atividade verificacional – Reações químicas

1. Introdução

Uma das principais atividades da Química é o estudo das reações que são, essencialmente, combinações dos elementos e seus compostos para formar novos compostos. Uma reação química é frequentemente representada por uma equação química balanceada, mostrando as quantidades relativas de reagentes e produtos, e seus estados físicos.

A equação química não nos mostra as condições experimentais ou se qualquer energia (seja sob a forma de calor ou luz) está envolvida. Além disso, a equação química, por si só, não nos indica se uma reação é explosiva ou quanto tempo demora a acontecer. Entretanto, para que uma reação ocorra é necessário que ela satisfaça a certas condições. A principal delas relaciona-se ao princípio de conservação das massas. Podemos dividir as reações químicas em dois grupos principais:

- Reações em que há transferência de elétrons;
- Reações químicas em que não há transferência de elétrons.

Além disso, devida à sua natureza, as reações químicas podem ainda ser classificadas como:

- Reações de análise
- Reações de decomposição
- Reações de síntese
- Reações de deslocamento simples ou troca simples
- Reações de deslocamento duplo ou troca dupla
- Reações de complexação aniônica
- Reações de complexação catiônica
- Reações de oxi-redução

Nesta prática serão vistos exemplos de reação de análise, reação de decomposição, reação de síntese e reação de deslocamento simples ou troca simples, reação de deslocamento duplo ou troca dupla.

2. Procedimento

2.1 - Reação de Decomposição

Em um tubo de ensaio contém certa quantidade de uma mistura de KClO_3 (clorato de potássio) e MnO_2 (bióxido de manganês), que é um pó preto.

Segure o tubo de ensaio com uma pinça de madeira e aqueça-o à chama do bico de bunsen. Com um palito em brasa verifique se o gás liberado na extremidade do tubo provoca uma combustão. Interprete.

2.2 - Reação de Síntese

Observe um pedaço de fita de magnésio de cerca de 2,0 cm de comprimento. Anote suas características físicas. Segure a fita por uma extremidade com o auxílio de uma pinça metálica e aqueça a outra extremidade na chama do bico de bunsen. Assim que você observar o início de uma reação, remova o conjunto da chama e retenha o mesmo ao ar sob um vidro de relógio de modo a recolher o pó formado. Interprete.

2.3 - Reação de Deslocamento Simples ou Troca Simples (Demonstrativo)

Coloque água em um béquer de 1 litro de capacidade até preencher 2/3 de seu volume. Adicione umas gotas de fenolftaleína à água do béquer. Fixe a um suporte, um tubo de vidro resistente, que deve ficar com 4,0cm aproximadamente de seu comprimento imerso na água.

Corte um pequeno fragmento de sódio, limpe-o e coloque-o no interior do tubo. Iniciada a reação, caracterize o gás que se desprende com um palito de fósforo em chama. Interprete.

2.4 - Reação e Deslocamento Duplo ou Troca Dupla

Em um tubo de ensaio contém cerca quantidade BaO_2 (que é um pó branco). Junte cerca de 40 gotas da solução de H_2SO_4 1,0mol/L e agite. Verifique o que acontece.

Processada a reação, adicionando lentamente gotas de solução de KMnO_4 0,01mol/L e agite. Veja o que acontece. Verifique a presença de um dos produtos formado. Observe e conclua.

As reações efetuadas nos itens 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 e a caracterização do H_2O_2 são também reações de oxi-redução.

3. Questionário

3.1 – Escreva todas as equações das reações feitas na prática;

3.2 – Que função tem o peróxido de hidrogênio na reação de descolorimento de permanganato de potássio em meio ácido?

3.3 – Sabemos que as reações nos itens 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 são reações de oxi-redução. Dizer qual é a substância reduzida e a oxidada para cada uma dessas reações.

3.4 – Mostre por uso de equações, como peróxido de hidrogênio pode ser um agente redutor e um agente oxidante;

3.5 – Dar um exemplo de reação química conforme a classificação da reação de:

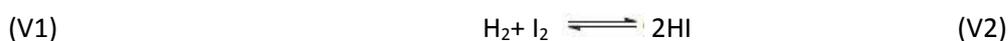
a) decomposição; b) síntese; c) deslocamento.

3.6 – Qual a diferença entre equação e reação química?

Anexo 9. Atividade verificacional – Equilíbrio Químico

1. Introdução

Num sistema químico reversível, podemos considerar como reagentes ou como produtos as substâncias colocadas à direita ou à esquerda da equação. Isto depende da escolha do experimentador. Assim, na reação representada pela equação abaixo, iodo e hidrogênio podem ser reagentes ou produtos, dependendo do sentido considerado.



Por outro lado, há uma renovação de reagentes e produtos, provocada pelo processo inverso e assim as reações nunca cessam e o equilíbrio é dinâmico. Dizemos então que um sistema está em equilíbrio quando a velocidade num sentido for igual à do sentido inverso. Este estado de equilíbrio só é possível em sistema fechado, ou seja, em influência do meio externo. A natureza dinâmica do equilíbrio pode ser enfatizada pela consideração das velocidades da reação nos dois sentidos.

Assim, no caso do sistema acima considerado, temos que:

$$V1 = k1[H2].[I2]$$

$$V2 = k2[HI]^2$$

No equilíbrio, temos $V1 = V2$ e, portanto:

$$k1[H2].[I2] = k2[HI]^2$$

$$k1/k2 = [HI]^2 / [H2].[I2] = k$$

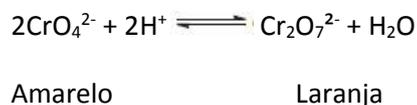
O estado de equilíbrio de um sistema pode ser alterado por variações na temperatura, pressão e concentração dos reagentes e/ou produtos. Esta alteração pode ser prevista pelo princípio de Le Chatelier “Quando um sistema em equilíbrio é submetido a uma ação, o equilíbrio se desloca na direção que tende a anular ou contrabalançar esta ação”. Se adicionarmos iodo ao sistema em equilíbrio $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$, a velocidade no sentido direto (V1) será mais alta, mas K terá o mesmo valor anterior à adição de I2. A posição de equilíbrio de qualquer sistema é orientada primeiramente por uma tendência de se alcançar o menor

estado de energia; e segundo pela de se alcançar o maior grau de desordem, ou seja: a maior entropia. Estes dois fatores, menor estado de energia e maior entropia, se equivalem no estado de equilíbrio.

2. Procedimento

Nesta prática caracterizaremos o estado de equilíbrio de sistemas químicos e verificaremos experimentalmente o Princípio de Le Chatelier.

2.1 Sistema $\text{CrO}_4^{2-} / \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$



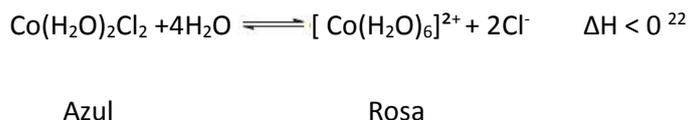
Este sistema é utilizado devido à fácil observação do deslocamento do equilíbrio através da diferença de cor do íon cromato, amarelo, e do íon dicromato, alaranjado. Deve-se observar que, mesmo predominando visualmente a cor amarela (deslocamento no sentido do íon cromato), pode existir uma pequena quantidade do íon dicromato e vice-versa.

Coloque no tubo cerca de 20 gotas da solução de K_2CrO_4 0,1mol/L. Siga o procedimento 2.1 descrito abaixo. Para cada passo realizado escreva a equação química do sistema, indicando se o equilíbrio está se deslocando para a direita ou para a esquerda.

2.1 – Neste tubo adicione solução de HCl 1,0mol/L. Observe o resultado. No mesmo tubo adicione solução de NaOH 1,0mol/L e anote o ocorrido.

3 - Sistema $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}_2] / [\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]$

A equação correspondente é:



Neste experimento é utilizada uma solução hidro-alcoólica de cloreto de cobalto (II). Para o estudo deste equilíbrio siga as seguintes etapas:

²² Essa é a equação apresentada no roteiro original. Entretanto, a equação correspondente ao sistema em equilíbrio é: $[\text{CoCl}_4]^{2-} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} + 4\text{Cl}^-$.

Adicione cerca de 20 gotas da solução rosa. Em seguida coloque este tubo num banho-maria e agite até que solução mude de cor. Resfrie o tubo em água corrente e justifique o fenômeno observado nas duas etapas.

No mesmo tubo, adicione cuidadosamente, na capela, algumas gotas de HCl(concentrado) até se observa qualquer variação. Na sequência, adicione água e verifique se ocorreu alguma mudança. Justifique a ocorrência das alterações observadas.

3. Exercícios

3.1. Seja um sistema do tipo:



Como o sistema reagiria com:

- a) Abaixamento da temperatura;
- b) Adição de um reagente específico para A.

3.2. Qual é o efeito no equilíbrio das reações descritas abaixo, quando são adicionados os reagentes listados:



3.3. A dissolução de H_2SO_4 é um processo exotérmico. A dissolução será mais rápida ou mais lenta, se aquecermos a solução? Por quê?

Anexo 10. Atividade verificacional – Cinética Química

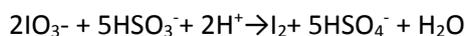
Influência da concentração e da temperatura dos reagentes

1. Introdução

A velocidade de uma reação é essencialmente controlada por quatro fatores:

- Concentração das substâncias envolvidas;
- Temperatura;
- Presença de Catalisadores;
- Natureza dos Reagentes.

Nesta prática observaremos o efeito exercido pelos dois primeiros fatores na velocidade de reação. Par tal estudo utilizaremos reação entre o íon iodato e o íon bissulfito em meio ácido. A reação é dada por: HSO_3^-



A lei de velocidade desta reação é dada por:

$$v = k[\text{IO}_3^-]^a \cdot [\text{HSO}_3^-]^b \cdot [\text{H}^+]^c$$

onde:

v = velocidade da reação

k = constante de velocidade

a,b,c = ordem da reação em relação a cada reagente.

Obs.: Verificar com os professores da disciplina teórica sobre “ordem de reação”

1. Efeito da Concentração

Preencha os tubos de ensaio conforme a tabela abaixo. Lembre-se que a concentração inicial da solução de IO_3^- é 0,02 mol/L. Homogeneíze bem os tubos numerados. A solução de HSO_3^- 0,02% p/v deve ser colocada nos tubos não numerados.

Tubo	Vol. IO_3^- (mL)	Vol. H_2O (mL)	Vol. Final	$[\text{IO}_3^-]$ (mol/L)	Vol. HSO_3^- (mL)	Tempo (s)
1	5,0	0,0				
2	4,0	1,0				
3	3,0	2,0				
4	4,0	3,0				
5	5,0	4,0				

Prepare o cronômetro para a medida de tempo. Logo que a solução de IO_3^- entrar em contato com a solução de HSO_3^- dispare o cronômetro não se esquecendo de homogeneizar. Trave-o após o surgimento de uma coloração azul. Anote o tempo gasto. Repita o procedimento para os demais tubos.

2. Efeito da Temperatura

Prepare dois tubos de ensaio. Coloque 5,0 mL de solução de IO_3^- 0,02 mol/L e no outro tubo 5,0 mL de solução de HSO_3^- 0,02% p/v. Prepare o banho determinado em sua montagem. Quando a temperatura estiver constante, coloque os dois tubos dentro dele e deixe estabilizar novamente (deixe-os em repouso por mais ou menos cinco minutos). Meça a temperatura com o auxílio de um termômetro. Mantendo tubo com solução de HSO_3^- dentro do banho adicione a solução de IO_3^- 0,02 mol/L do outro tubo. Homogeneíze. Dispare o cronômetro imediatamente após a adição, travando-o assim que a solução assumir uma coloração azul. Anote o tempo e a temperatura na Tabela 3.1. Anote também os dados dos outros grupos para construção do gráfico.

Tabela 3.1 – Influência da temperatura na velocidade de reação

Tubo	$[\text{IO}_3^-]$	Temperatura (°C)	Tempo (s)
1			
2			
3			

4			
5			

3. Resultados

1- Faça o gráfico da concentração de IO_3^- versus tempo de reação;

2- Faça o gráfico de temperatura versus tempo;

3- Determine a ordem de reação em relação ao IO_3^- .

Anexo 11. Modificação do roteiro de Reações Químicas – Lara e Rafaela

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Aluno: _____

Disciplina: Química

Série: 2º ano do Ensino Médio

I. TEMA: Estudo sobre algumas transformações químicas

II. PROCEDIMENTOS

Procedimento I

Materiais

- Mistura de Clorato de potássio (KClO_3) e Bióxido de Manganês (MnO_2)
- Pinça de madeira
- Bico de bunsen
- Palito de fósforo
- Espátula

Em um tubo de ensaio adicione uma ponta de uma espátula da mistura de Cloreto de Potássio (KClO_3) e Bióxido de Manganês (MnO_2). Aproxime um palito de fósforo em brasa na borda do tubo de ensaio e observe. Anote suas observações.

Com o auxílio de uma pinça de madeira, segure o tubo de ensaio e aqueça-o a chama do bico de bunsen. Aguarde um pouco. Em seguida, aproxime um palito de fósforo em brasa, na borda do tubo de ensaio. Anote suas observações.

A partir das suas observações, qual (is) desta(s) você considera como evidência (s) de transformação química?

Sabe-se que para essa transformação química o MnO_2 é usado como catalisador. Com base nas suas observações, represente a equação química para essa transformação.

Procedimento II

Materiais

- Fita de Magnésio
- Pinça metálica
- Bico de bunsen
- Palito de fósforo
- Vidro de relógio

Pegue um pedaço de fita de magnésio com aproximadamente 2,0 cm de comprimento, observe-a. Anote suas observações.

Neste momento o professor irá com o auxílio de uma pinça metálica segurar a fita de magnésio e aquecê-la na outra extremidade, na chama do bico de bunsen. Após a mesma obter uma chama deve-se retirá-la do bico de bunsen e colocá-la no vidro relógio. Anote as suas observações.

Em seguida, o professor irá aquecer a fita que está no vidro relógio novamente. Anote suas observações.

A partir das suas observações, qual (is) desta(s) você considera como evidência (s) de transformação química?

Sabe-se que em queimas de papel, matas e florestas, o gás oxigênio é consumido. Com base nas suas observações, represente a equação química para essa transformação.

Procedimento III

Materiais

- Béquero
- Fenolftaleína
- Água
- Tubo de vidro
- Sódio (Na)

- Palito de fósforo

O professor irá adicionar água em um béquer de 1 litro de capacidade, até preencher 2/3 do seu volume. Logo após adiciona-se gotas de fenolftaleína na água do béquer. Anote as suas observações.

Fixe a um suporte um tubo de vidro resistente, que deve ficar com 4 cm aproximadamente do seu comprimento imerso na água. Corte um pequeno pedaço de sódio, limpe-o e coloque-o no interior do tubo. Rapidamente coloque na borda do tubo um palito de fósforo em chama. Anote as suas observações

A partir das suas observações, qual (is) desta(s) você considera como evidência (s) de transformação química?

No procedimento I ao aproximar o palito em brasa na borda do tubo observou-se a formação de chama, ocasionada pela presença do gás O_2 formado no interior do tubo. Nesta transformação algo semelhante acontece ao aproximarmos o palito de fósforo na borda do tubo, mas há uma diferença ao compararmos com o procedimento I. Qual é esta diferença?

Sabe-se que a fenolftaleína é um indicador de soluções básicas, obtendo-se uma coloração rosa. Com base nas suas observações, represente a equação química para essa transformação.

Procedimento IV

Materiais

- Tubos de ensaio
- Óxido de Bário (BaO_2)
- Solução de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) 1,0 mol/L
- Solução de Permanganato de Potássio ($KMnO_4$) 0,1 mol/L

No tubo de ensaio que contém certa quantidade de BaO_2 (pó branco) adicione 40 gotas da solução de H_2SO_4 1 mol /L e agite. Anote suas observações

Com base em suas observações represente a primeira equação química envolvida neste procedimento.

Adicione lentamente algumas gotas da solução KMnO_4 0,01 mol/L e agite. Anote suas observações.

Sabe-se que o manganês (Mn) apresenta vários estados de oxidação como: Mn^{+7} (coloração roxa), Mn^{+2} (coloração rosa), Mn^{+4} (coloração marrom).

Ao adicionar KMnO_4 ocorre uma reação de oxidação com um dos produtos formados anteriormente. Represente a equação química para esta transformação.

A partir das atividades realizadas como podemos caracterizar uma transformação química? Quais são as evidências?

Anexo 12. Modificação do roteiro de Equilíbrio Químico – Maria e Letícia

Estudo dos sistemas químicos

1) Introdução: Nas aulas anteriores estudamos sobre reações químicas e vimos que podemos analisá-las através de evidências. Hoje, iremos trabalhar com sistemas químicos que serão analisados por vocês, a luz dos seus conhecimentos anteriores e das evidências expostas por cada sistema, para discutirmos outros aspectos importantes envolvidos nas reações químicas.

2) Material: tubos de ensaios / solução de K_2CrO_4 (amarela) / solução de HCl / solução NaOH / solução de $Pb(NO_3)_2$.

3) Procedimento:

ETAPA A:

3.1 Coloque em um tubo de ensaio cerca de 20 gotas da solução de K_2CrO_4 . Anote o que você observou.

3.2 Em seguida, adicione 10 gotas da solução de HCl e anote a sua observação. Adicione mais 10 gotas dessa solução, observe e anote o que aconteceu.

3.3 Faça o mesmo procedimento do 3.2, porém utilizando a solução de NaOH. É importante que você anote o que você viu.

3.4 Repita os procedimentos 3.2 e 3.3 quantas vezes você achar necessário.

Obs.: Não descarte o material dentro do tubo de ensaio, utilizaremos na próxima etapa.

4) Discussão 1: Sabendo que a solução de $K_2Cr_2O_7$ apresenta cor alaranjada, responda:

a) Analisando a coloração do sistema após a adição da solução de HCl, o que você acha que ocorreu?

b) Represente, através de modelos, o sistema da letra a durante a variação de cor.

c) Represente na forma de equação química do fenômeno químico proposto na letra b.

- d) Analisando a coloração do sistema após a adição da solução de NaOH, o que você acha que ocorreu?
- e) Represente, através de modelos, o sistema da letra d durante a variação de cor.
- f) Represente na forma de equação química do fenômeno químico proposto na letra e.

ETAPA B:

- 5) Pegue dois tubos de ensaio e adicione cerca 20 gotas de solução K_2CrO_4 em cada um. Rotule cada tubo, um como A e o outro B. No tubo B adicione solução de HCl aos poucos até que ocorra a mudança de coloração. Em seguida adicione cerca de 10 gotas da solução de $Pb(NO_3)_2$ em ambos tubos. Observe e anote o que acontece.
- 6) Discussão 2: Sabendo-se que a solução de $Pb(NO_3)_2$ na presença de Cr^{+2} forma $PbCrO_4$, um precipitado branco, responda:
- a) O que você pode dizer em relação a formação do precipitado no tubo B?
- b) O que você pode dizer a respeito da concentração do íon CrO_4^{-2} nos dois tubos?
- c) Represente, através de modelos, o sistema do tubo B, após a adição da solução de $Pb(NO_3)_2$.
- d) Analise a influência da solução de HCl e NaOH no sistema.
- e) Averigue a necessidade de reformular as equações químicas da PARTE A, letras c e f.

Sugestão para o professor: Caso os alunos ainda tenham dúvida em relação a presença dos dois íons, CrO_4^{-2} e $Cr_2O_7^{-2}$ no sistema B, peça para o mesmo adicionar a solução de $Pb(NO_3)_2$ no tubo de ensaio utilizado na PARTE A.

Anexo 13. Modificação do roteiro de Cinética Química – Gisele e Isis**Cinética Química II (a)**

Prepare cinco soluções de 5,0 mL de íon Iodato (de diferentes concentrações em tubos de ensaio. A partir da solução 0,02 mol.L⁻¹ Anote os dados.

Como você obteve essas concentrações? O que isso significa em termos do íon iodato.

Coloque em cinco tubos de ensaio, 5,0 mL de solução de bissulfito (0,02 % p/v) em cada um. Adicione uma destas soluções em um dos tubos que contém a solução de Iodato, dispare o cronômetro logo que a solução de Iodato entrar em contato com a solução de bissulfito, não se esqueça de homogeneizar. Trave o cronômetro após o surgimento de uma coloração azul. Repita o procedimento para todos os tubos. Lembre-se de organizar bem os seus dados, anotar todas as observações e os tempos gastos.

O que ocorreu nos sistemas?

Justifique suas observações.

Elabore modelos que representem os sistemas em cada situação. Considere que a reação entre o Iodato (IO₃⁻) e o bissulfito (HSO₃⁻) pode ser representada por:



Explique a partir desses modelos o que ocorreu.

Faça o gráfico da concentração do íon Iodato *versus* tempo de reação.

Segundo seus resultados e explicações para o sistema, o gráfico obtido corresponde às expectativas? Explique.

Cinética Química II (b)

Prepare dois tubos de ensaio, em um coloque 5,0 mL de solução de IO₃⁻ 0,02 mol.L⁻¹ e no outro tubo 5,0 mL de solução de HSO₃⁻ 0,02% p/v.

Prepare o banho determinado em sua montagem. Quando a temperatura estiver constante, coloque os dois tubos dentro dele e deixe e deixe estabilizar novamente (deixe-os

em repouso por mais ou menos cinco minutos). Meça a temperatura com o auxílio de um termômetro.

Mantendo o tubo com a solução de HSO_3^- dentro do banho, adicione a solução de IO_3^- do outro tubo e homogeneíze. Dispare o cronometro imediatamente após a adição, travando-o assim que a solução assumir coloração azul.

Faça esse procedimento para soluções a temperatura ambiente.

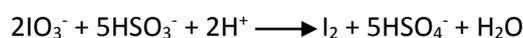
Anote todas as observações, os tempos e a temperaturas.

O que aconteceu nos seus sistemas?

Por que foi necessário esperar aproximadamente cinco minutos? O resultado seria diferente caso não aguardasse?

Justifique suas observações, compare seus resultados do sistema sob banho e sob temperatura ambiente.

Elabore modelos que representem o sistema. Considerando que a reação entre o Iodato (IO_3^-) e o Bissulfito (HSO_3^-) pode ser representada por:



Agora, anote os dados dos outros grupos.

Como você explicaria esses resultados a partir do seu modelo proposto. Você representaria de outra maneira?

Se sim, represente-o e diga como seu novo modelo explica todos os resultados obtidos. Se não, como seu modelo explica os novos resultados? Explicação

Existe alguma situação em que seu modelo **não** é capaz de explicar?

Justifique sua resposta.

A partir dos resultados da turma, faça o gráfico da temperatura *versus* tempo de reação.

Segundo seus resultados e explicações para o sistema, o gráfico obtido corresponde às expectativas? Explique.

Anexo 14. Atividade simulada final – Gisele

O café está na mesa!

Hoje em sala de aula faremos um cafezinho, daqueles bem quentinhos. Receita:

- Ferver 03 xícaras de água;
 - Acrescentar 03 colheres (sopa) cheias de açúcar;
 - Adicionar 02 colheres (sopa) de café na água;
 - Coar e servir!
- 1) Como você desenharia em nível molecular, as etapas do preparo do café? A partir da receita apresentada acima. Identifique suas etapas!
 - 2) Agora, anotem tudo que vocês observam durante o preparo do café.
 - 3) Justifique todas as observações:
 - 4) Sua proposta inicial para a explicação do preparo do café sofreu alguma alteração, a partir das observações? Se sim, quais? Se não, diga como sua proposta explica a situação apresentada pela professora em sala de aula.
 - 5) A partir de desenhos mostre o que você acha que ocorreu, em nível molecular, em cada etapa do preparo do café observado em sala de aula, identifique suas etapas.
 - 6) Explique a partir desses modelos, o que ocorreu.
 - 7) Agora, discuta em grupo e cheguem a uma conclusão que possa ser apresentada para turma! Explicação mais coerente para a influência do açúcar na ebulição.

Anexo 15. Atividade simulada final – Letícia e Lara

Atividade experimental

Parte 1

Materiais necessários

- balança técnica
- proveta (100 mL)
- erlenmeyer (250 mL)
- termômetro
- clipe para papel
- lata (diâmetro: 10 cm; altura: 13 cm)
- garras
- suporte
- fita adesiva
- palito de fósforo
- 1 amendoim ou 1 castanha-do-Pará

Procedimento

- Faça uma montagem como mostra a figura 1.



Figura 1. Sistema para o experimento.

- Pese o alimento e anote sua massa.
- Adicione 100mL de água de torneira no erlenmyer.
- Dobre o clipe de modo a formar um apoio para o alimento.
- Fixe clipe na bancada com uma fita adesiva.
- Prenda a amostra no clipe.

STEFANNIE DE SÁ IBRAIM

- Colocar a lata (com o fundo removido) envolvendo o alimento.
- Fixar o erlenmeyer contido no suporte.
- Fixe o termômetro com o auxílio de uma garra, de modo que o bulbo do termômetro fique imerso na água. Anote a temperatura da água.

ATENÇÃO: cuidado para que o termômetro não encoste na parede do erlenmeyer.

- Queime o alimento utilizando um palito de fósforo. Observe e anote o que acontece. Não se esqueça de anotar a temperatura da água após a queima.

Questões

- 1) Você mediu 100 mL de água na proveta e adicionou ao erlenmeyer. Por que adicionar água?
- 2) Você envolveu o alimento com uma lata. Havia necessidade de colocá-la? Se sim, por que?
- 3) Por que o termômetro não pode encostar na parede no erlenmeyer?
- 4) O que você imagina que está acontecendo neste sistema? Proponha uma explicação para o fenômeno.
- 5) Você observou que a temperatura da água variou durante a queima do alimento. O que isso significa?
- 6) A variação de temperatura na água seria a mesma se tivéssemos um volume maior de água?
- 7) Todas as substâncias possuem uma capacidade de absorver calor. Nesse processo, ocorre a variação de temperatura. A grandeza que mede esta capacidade é o calor específico (C). Baseando nessa informação e nas suas respostas anteriores, quais são os fatores que influenciam a absorção de calor pela água? Proponha uma expressão que represente essa absorção.

Parte 2

Questões

- 1) Sabe-se que a fórmula para o cálculo da quantidade de energia (calor) absorvida pela água é: $Q = m \cdot C \cdot \Delta T$. Essa equação é semelhante a que você propôs anteriormente? Você consegue relacionar essas variáveis (m , C e ΔT) com o que você realizou no experimento? Explique essas relações.
- 2) Sabendo que: m = massa da água em (g)
 - i. C = calor específico da água ($\text{cal/g}^\circ\text{C}$)
 - ii. ΔT = variação de temperatura ($^\circ\text{C}$)
- 3) Sabendo que o calor específico da água é $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, calcule a quantidade de energia (Q) absorvida pela água no experimento. Lembre-se das unidades referentes a cada variável.
- 4) Baseando-se no cálculo acima, qual foi a unidade encontrada referente à quantidade de energia (Q). O que ela significa?
- 5) No experimento que você realizou você teve que pesar o alimento. Você imagina por qual motivo isso foi feito?
- 6) Se a massa do alimento fosse maior, a quantidade de energia liberada seria a mesma? Por quê?
- 7) Proponha uma equação que represente a relação entre a massa do alimento e a energia liberada.

Parte 3

Questões

- 1) Sabe-se que para determinar a energia característica do alimento consumido, utiliza-se a seguinte equação:

$$Q \text{ alimento} = \text{quantidade de energia liberada} / \text{Massa do alimento}$$

Está equação é coerente com a proposta anteriormente? Explique o que ela significa.

- 2) Calcule a energia característica do alimento, conforme a equação da questão 1.
- 3) Organize os dados que você obteve no experimento e nas discussões na tabela abaixo.

Massa do alimento (g)	Massa de água (g)	Variação da temperatura (°C)	Quantidade de energia liberada (cal)	Energia por porção de alimento (cal/g)

Tabela 1. Variáveis envolvidas na atividade.

- Qual a relação existente entre a massa do alimento e a quantidade de energia absorvida pela água?
- Baseando na sua resposta anterior, explique a necessidade de volumes (massas) diferentes de água.
- Observando o rótulo abaixo, como você interpreta o dado fornecido que 30 g do alimento, possui um valor energético de 135 cal = 576 J? (Está em negrito).

Rótulo Nutricional		
Porção de 30 g		
Quantidade por porção		% VD (*)
Valor Energético	135 cal = 567 kJ	
Carboidratos	__ mg	
Proteínas	__ mg	
Gorduras totais	__ mg	
Gorduras saturadas	__ mg	
Gorduras trans	__ mg	**
Fibra alimentar	__ mg	
Sódio	__ mg	
Cálcio	__ mg	
Vitamina B1	__ mg	
Vitamina B2	__ mg	
(*) Valores Diários de referência em uma dieta de __ Kcal. Seus valores podem ser maiores ou menores dependendo das suas necessidades energéticas. ** %VD não estabelecido.		

Figura 2. Exemplo de um Rótulo Nutricional.

- d) *Uma porção de 50 gramas de amendoim cru contém 280 calorias e 100 gramas da castanha possui 656 calorias.* Com base nesta informação qual a quantidade de calor que o seu alimento deveria liberar?
- e) O valor encontrado na letra d foi igual ao valor encontrado experimentalmente? Se não, o que pode ter influenciado a essa diferença?

Anexo 16. Atividade simulada final – Isis e Rafaela

Cores apetitosas

Materiais

- 1 copo de vidro grande
- 1 pincel pequeno com ponta arredondada
- 1 folha de papel de filtro
- 1 lápis
- 1 régua
- *Confetes*[®]: roxo, verde e azul

Procedimento

Pegue as tiras de papel e marque uma linha a uma distância 1,0 cm das extremidades (inferior e superior) do papel. Com o auxílio de um lápis, escreva na parte inferior do papel os números que identificará cada cor (1 verde, 2 roxo e 3 azul), não coloque as demarcações muito próximas.

- Passe o pincel na superfície do confete[®]
 - 1) O que você observou?
- Umedeça o pincel e passe na superfície do *Confete*[®]
 - 2) O que você observou?
- Logo após, passe o pincel na superfície do papel na demarcação indicada para a cor do *Confete*[®]. Repita o processo para as demais cores.
 - 3) O que ocorreu?
- Coloque um pouco de água no copo somente para cobrir o fundo. Introduza o papel com as demarcações realizadas dentro deste copo, mas sem encostar as demarcações feitas na água. Certifique-se que a base do papel esteja a mais reta possível. Deixe o papel dentro do copo por aproximadamente 5 min.
 - 4) O que aconteceu nas demarcações?

- 5) Utilize representações no submicroscópico, para propor uma explicação para o ocorrido.
- 6) O modelo proposto é capaz de explicar as diferenças de deslocamento dos pigmentos? Em caso negativo, proponha novos modelos.
- 7) Diante das discussões realizadas nas últimas aulas e com o auxílio do modelo proposto para reações químicas, como você diferenciaria reações químicas de interações químicas?