

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

DANIELA MARTINS BUCCINI PENA

**CONSTRUINDO ENTENDIMENTOS DE CIÊNCIA NA FORMAÇÃO
DE PROFESSORES POR MEIO DE ESTUDOS DE CASO E
REPRESENTAÇÕES MULTIMODAIS**

Belo Horizonte, 2021

DANIELA MARTINS BUCCINI PENA

**CONSTRUINDO ENTENDIMENTOS DE CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DE
PROFESSORES POR MEIO DE ESTUDOS DE CASO E REPRESENTAÇÕES
MULTIMODAIS**

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

Orientadora: Ana Luiza de Quadros

Belo Horizonte

2021

P397c
T

Pena, Daniela Martins Buccini, 1989-
Construindo entendimentos de ciência na formação de professores por meio
de estudos de caso e representações multimodais [manuscrito] / Daniela Martins
Buccini Pena. - Belo Horizonte, 2021.
277 f. : enc, il.

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

Orientadora: Ana Luiza de Quadros.

Bibliografia: f. 207-217.

Anexos: f. 218-224.

Apêndices: f. 225-277.

1. Educação -- Teses. 2. Professores -- Formação -- Teses. 3. Professores
de ciências -- Formação -- Teses. 4. Ciência -- Estudo e ensino -- Teses.
5. Ciência -- Métodos de ensino -- Teses. 6. Metodo de casos -- Teses.
7. Raciocínio baseado em casos -- Teses. 8. Atividades criativas na sala de aula --
Teses. 9. Comunicação na ciência -- Teses.

I. Título. II. Quadros, Ana Luiza de, 1963-. III. Universidade Federal de
Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 370.71

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

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



FOLHA DE APROVAÇÃO

CONSTRUINDO ENTENDIMENTOS DE CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES POR MEIO DE ESTUDOS DE CASO E REPRESENTAÇÕES MULTIMODAIS

DANIELA MARTINS BUCCINI PENA

Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO - CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL, como requisito para obtenção do grau de Doutor em EDUCAÇÃO - CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL.

Aprovada em 28 de abril de 2021, pela banca constituída pelos membros:

Prof(a). Ana Luiza de Quadros - Orientador
UFMG

Prof(a). Marcelo Giordan Santos
USP

Prof(a). Orlando Gomes de Aguiar Junior
UFMG

Prof(a). Salete Linhares Queiroz
USP-São Carlos

Prof(a). Roberta Guimarães Corrêa
UFMG

Professora Dra. Rosimar de Fátima Oliveira
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Educação:
Conhecimento e Inclusão Social - FAE/UFMG

Belo Horizonte, 11 de junho de 2021.

Caminha e o caminho se abrirá.

Gassho

AGRADECIMENTOS

Foram quatro anos desde o início desta jornada e parece que uma vida inteira se passou. Durante esse período perdi meu pai, conheci meu filho e passamos por uma das épocas mais conturbadas da história recente, a pandemia do Coronavírus. Foi uma jornada de muito aprendizado e crescimento à qual sou muito grata.

Inicialmente gostaria de agradecer a minha orientadora Ana Luiza de Quadros, que por dez anos me conduziu pelo caminho da pesquisa científica em Educação. Obrigada por sua paciência, por sua agilidade, compreensão, competência e pelo cuidado que sempre demonstra com seus orientandos. Obrigada por me apresentar o caminho da docência e me guiar através dele.

Agradeço ao meu companheiro João por ter me apoiado e incentivado e ter me dado o suporte para que eu pudesse concluir este trabalho. Obrigada pela força, pelo carinho e por dividir a vida comigo. Agradeço ao Emanuel por ser minha luz e um dos principais motivos que me fizeram seguir em frente.

Agradeço aos meus pais pelos sacrifícios de uma vida e pela educação cuidadosa e amorosa que foi o alicerce que me permitiu conquistar tanto nessa vida. Obrigada pelo incentivo, por me escutarem, por se orgulharem e por todo amor que me dedicaram.

Agradeço aos meus irmãos Tiago, Felipe e Tico, sempre presentes e disponíveis para me ajudar. E a minhas irmãs de coração e companheiras de docência, Luciana e Izabela, pela amizade, pelo apoio e pela contribuição com o trabalho. Ao Antônio que também é luz para minha vida. E ao meu sogro Marcelo e a minha saudosa sogra Helena.

Agradeço também ao Vô Antônio e a Vó Auxiliadora que, mesmo não estando mais conosco, acreditaram tanto no meu potencial e por terem vibrado a cada conquista minha.

Agradeço a Maria Luzia, companheira de jornada e de doutorado, cuja troca ao longo desses anos foi muito valiosa para mim e para este trabalho.

Fabiano, Ágatha, Fernanda, Fábio, Cristiano, Graziane, Samira, Tanires, Nathália e Esther: obrigada pela amizade e pelo apoio sempre.

Agradeço a todos os alunos com os quais tive o privilégio de conviver ao longo desses anos e que foram essenciais para o meu amadurecimento como pesquisadora e professora.

Agradeço aos professores da FaE que tanto me ensinaram, em especial a Danusa Munford, e aos seus funcionários, cujo trabalho é essencial para que nós alunos possamos seguir com nossas pesquisas.

Obrigada à CAPES pelo apoio financeiro que possibilitou concretizar o sonho do doutorado.

Agradeço, por fim, à UFMG, responsável por minha formação desde 2008 e por ter sido tão importante para minha formação pessoal e profissional.

RESUMO

A pesquisa em torno da formação de professores de Ciências tem tido grande destaque na literatura especializada da área. Diversas tendências de pesquisa têm sido exploradas pela comunidade especializada da área de ensino de Ciências, estando entre elas as questões relacionadas à natureza, história e filosofia da Ciência e à multimodalidade, que trata dos vários modos de representação e comunicação em sala de aula, tais como gestos, imagens, sons, equações e outros. A partir disso, o objetivo deste trabalho é identificar algumas concepções de Natureza da Ciência que circularam no discurso escrito e falado de professores em formação ao longo da disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula” e analisar as estratégias que favorecem a evolução dessas concepções. Partimos da hipótese que existem concepções ingênuas envolvendo a Ciência e essas concepções interferem no ensino de Ciências da Natureza. Acreditamos que durante a formação inicial um conjunto organizado de estratégias pode auxiliar na evolução dessas concepções que, por sua vez, podem refletir na prática docente, quando esses professores assumirem salas de aula. Em nossa pesquisa acompanhamos um grupo de graduandos em Química que cursaram uma disciplina que tinha por objetivo o estudo da Ciência na perspectiva de sua natureza. Foram utilizados estudos de caso históricos e contemporâneos e algumas atividades que envolviam multimodalidade e representações multimodais aliadas ao Ensino de Química. O estudo realizado utilizou métodos qualitativos de pesquisa envolvendo o uso de questionários, entrevistas, observação e filmagem das aulas. A análise que fizemos a partir dos dados mostrou que, realmente, um conjunto de atividades organizadas com ênfase em estudos de caso pode melhorar as concepções e o conhecimento da Ciência para quem trabalha com essa Ciência. Defendemos que o uso de estudos de caso não deveria acontecer em apenas uma disciplina ou em algumas poucas disciplinas e sim ser um projeto do curso de formação.

ABSTRACT

Research on the training of science teachers has been highlighted in specialized literature in the area. Several research trends have been explored by the specialized community in the area of science education, including issues related to the nature, history and philosophy of Science and multimodality, which deals with the various modes of representation and communication in the classroom, such as gestures, images, sounds, equations and others. Based on that, the objective of this work is to identify some conceptions of Nature of Science that circulate in the written and spoken discourse of teachers in training throughout the discipline “What Science is communicated in the classroom” and to analyze the strategies that favor the evolution of these conceptions. We start from the hypothesis that there are naive conceptions involving Science and these conceptions interfere in the teaching of Natural Sciences. We believe that, during initial training, an organized set of strategies can assist in the evolution of these concepts, which, in turn, can reflect on teaching practice, when these teachers take over classrooms. To this end, a group of undergraduate students in Chemistry who took a course that aimed to study science from the perspective of its nature was accompanied. Historical and contemporary case studies and some activities involving multimodality and multimodal representations combined with Chemistry Teaching were used. The study carried out used qualitative research methods that involved the use of questionnaires, interviews, observation and filming of the classes. The analysis we made from the data showed that, indeed, a set of activities organized from case studies and multimodal representations can improve the conceptions and knowledge of Science for those who work with this Science. We argue that this should not happen in just one discipline or in a few disciplines but should be a training course project.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Raciocínio visual por aprimoramento e redução dimensionais para descoberta do motor elétrico	59
Figura 2 – Imagens e representação de um cristal. Fonte: Gooding (2010, p. 17-18)	60
Figura 3 – Características de um bom estudo de caso	65
Figura 4 – Construção de um modelo de <i>Sidneyia inexpectans</i> a partir de um fóssil.....	80
Figura 5 – Experimento com a seringa em três momentos diferentes. A) êmbolo na posição normal, B) êmbolo sendo empurrado para o interior da seringa e C) êmbolo sendo empurrado para fora da seringa.	98
Figura 6 – Imagem da lousa com as representações dos estudantes.....	154
Figura 7 – Representação no interior da seringa	157
Figura 8 – Representação com zoom	157
Figura 9 – Representação dos estados físicos feita pelos estudantes.	158
Figura 10 - Representação dos estados físicos na lousa após a representação incorporada...	160
Figura 11 – Representação da neblina proposta por Juliana	162

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Consensos em torno Natureza da Ciência citados.....	32
Quadro 2 – Métodos para explorar um estudo de caso em atividades educativas.	66
Quadro 3 – Os sujeitos da pesquisa	92
Quadro 4 – Relação de aulas e atividades	94
Quadro 5 – Estudos de caso	97
Quadro 6 – Questões de Ensino	100
Quadro 7 – Questões sobre visões da NdC.....	100
Quadro 8 – Questões discutidas na primeira e na última aula	107
Quadro 9 – Visões da Ciência apresentadas pelos participantes.....	108
Quadro 10 – Respostas iniciais sobre o conhecimento científico – Visões que consideram a Ciência como verdade absoluta.	109
Quadro 11 - Respostas finais sobre o conhecimento científico.....	111
Quadro 12 – Resposta final de Samuel	113
Quadro 13 – Discussão em sala sobre a validade do conhecimento científico	114
Quadro 14 – Respostas iniciais dos participantes em relação à Ciência (empírica ou teórica)	116
Quadro 15 – Explicação dos estudantes para o fato de haver duas hipóteses concorrentes. .	117
Quadro 16 – Explicação final das estudantes para o fato de haver duas hipóteses concorrentes	118
Quadro 17 – Respostas de Samuel à questão envolvendo a extinção dos dinossauros.....	119
Quadro 18 – Resposta de Augusto à influência que a Ciência sofre da sociedade.....	120
Quadro 19 – Tipos de influências sofridas pela Ciência, segundo os participantes.	121
Quadro 20 – Respostas de Natália às influências que a Ciência sofre	122
Quadro 21 – Respostas de Juliana sobre as influências da Ciência na sociedade	122
Quadro 22 – Discussão sobre os benefícios e malefícios da atividade científica – Início da disciplina.....	123
Quadro 23 – Discussão em sala sobre as responsabilidades do meio científico	125
Quadro 24 – Características de um bom professor segundo os participantes.	128
Quadro 25 – Domínio de conteúdo.....	129
Quadro 26 – Respostas finais de Pedro e Patrícia sobre as características de um bom professor	131
Quadro 27 – Respostas iniciais sobre abordagens de ensino	132
Quadro 28 – Respostas finais sobre abordagens de ensino	133
Quadro 29 – Respostas de Milena aos questionários inicial e final.....	135
Quadro 30 – Fragmentos do episódio de representações multimodais.....	153
Quadro 31 – Discussão sobre representação de partículas.....	154
Quadro 32 – Diálogo sobre os tipos de representações	156
Quadro 33 – Discussão sobre representações de estados físicos da matéria.	158

ÍNDICE DE SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BBC – British Broadcasting Corporation

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

NdC – Natureza da Ciência

NOS – Nature of Science

OMS – Organização Mundial da Saúde

PCK – Pedagogical Content Knowledge

PISA – Programme for International Student Assessment

TIC – Tecnologia de Informação e Comunicação

Sumário

INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO I – DELINEANDO O PROBLEMA DE PESQUISA: A NATUREZA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES.....	19
I.1 – Panorama dos cursos de Licenciatura em Química	19
I.2 – Questões de Pesquisa	21
I.3 – Os desafios atuais da Formação de Professores.....	22
I.4 – A Formação do Professor de Ciências e suas especificidades.....	25
I.5 – Natureza da Ciência e a Ciência ensinada em sala de aula.....	31
I.5.1 – Pesquisas envolvendo Concepções de Natureza da Ciência.....	37
I.5.2 – Pesquisas conjugando a Formação do Professor de Ciências e a NdC	40
1.6 – Enfim, qual caminho escolhemos para melhorar o entendimento de Ciência?.....	46
CAPÍTULO II – UM CAMINHO POSSÍVEL: ESTUDOS DE CASO E REPRESENTAÇÕES MULTIMODAIS	63
II.1 – O papel dos estudos de caso.....	63
II.1.1 – Estudos de caso contemporâneos	66
II.1.2 – Estudos de caso históricos	69
II. 2 – As Representações Multimodais no entendimento da NdC.....	73
II.2.1 – O Socioconstrutivismo	73
II.2.2 – A Semiótica Social e a Multimodalidade.....	76
II.2.3 – As representações multimodais.....	78
CAPÍTULO III – ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	87
III.1 – A Pesquisa Qualitativa.....	87
III.1.2 – Um olhar para a Perspectiva Etnográfica para entender o lugar da pesquisadora	89
III.2 – Questões de Pesquisa.....	91
III.3 – Sujeitos da Pesquisa.....	91
III.4 – A disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?”	94
III.5 – Coleta e Análise de Dados.....	99
III.5.1 – Questionário	99
III.5.2 – Entrevistas.....	102
III.5.3 – Observação das aulas.....	104
CAPÍTULO IV – AS CONCEPÇÕES DOS PROFESSORES EM FORMAÇÃO: UM OLHAR INICIAL..	106
IV.1 – As concepções dos licenciandos envolvendo aspectos da Natureza da Ciência.....	107
IV.1.1 – Conhecimento absoluto e certo x Conhecimento provisório	109
IV.1. 2 – Ciência empírica x Ciência dependente da teoria.....	116

IV. 2 – As influências sociais e culturais – Uma via de mão dupla	119
IV.3 – O que aprendemos da NdC por meio das análises do questionário e dos debates no início e ao final das aulas?.....	127
IV.4 – As concepções dos licenciandos envolvendo o Ensino de Ciências	127
IV.4.1 – O Domínio de Conteúdo	129
IV.4.2 – Abordagens de ensino	131
IV.4.3 – Relações com o conteúdo.....	134
CAPÍTULO V – UM OLHAR PARA AS AULAS DA DISCIPLINA “QUE CIÊNCIA É COMUNICADA EM SALA DE AULA?”	136
V.1 – Os estudos de caso.....	136
V.1.1 – A subjetividade no trabalho do cientista	136
V.1.2 – O Prêmio Nobel e as Mulheres na Ciência.....	140
V.1.3 – A neutralidade da Ciência	145
V.2 – Os anticoncepcionais – Uma controvérsia contemporânea	148
V.2.1 – Os dados contraditórios sobre a segurança das pílulas anticoncepcionais	148
V.2.2 – Feminismo e a responsabilidade masculina e feminina na concepção	150
V.3 – As Representações Multimodais.....	152
V.3.1 – Tamanho da partícula.....	154
V.3.2 – Quantidade de partículas	156
V.3.3 – Distância entre as partículas.....	157
V.3.4 – A representação simultânea de dois estados físicos	161
V.3.5 – Significado da Representação.....	162
CAPÍTULO VI – UM OLHAR PARA AS ENTREVISTAS	165
VI.1 – Os estudos de caso presentes na disciplina	165
VI.1.1 – Os estudos de caso na formação dos licenciandos.....	166
VI.1.2 – Os estudos de caso no ensino	171
VI.2 – As Representações Multimodais na percepção dos licenciandos.....	176
VI.3 – Contribuições da disciplina para a formação dos licenciandos	183
VI.4 – Outras contribuições da disciplina, segundo os participantes.....	188
CAPÍTULO VII – CONSIDERAÇÕES FINAIS – O QUE APRENDEMOS COM A PESQUISA?	194
a) As concepções dos licenciandos envolvendo questões relacionadas à Natureza da Ciência ao iniciar e ao finalizar a disciplina.	196
b) As contribuições dos estudos de caso utilizados durante a disciplina na evolução de concepções de Natureza da Ciência.	198
c) Um entendimento mais amplo em torno da Natureza da Ciência auxiliando o professor em formação a problematizar o seu próprio papel na sala de aula.	200

d) As representações multimodais auxiliando o professor a promover um ensino que propicie um entendimento de modelos da Ciência.....	202
e) Concepções e sentidos da Natureza da Ciência que circulam no discurso de professores em formação ao longo da disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?” e quais estratégias favorecem a sua evolução.	203
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	207
ANEXO 1.....	218
I. Parecer COEP	218
ANEXO 2.....	223
APÊNDICES	225
I. Instrumentos utilizados na pesquisa	225
I.1. Roteiro da entrevista	225
I.2. Questões do Questionário	226

INTRODUÇÃO

A ideia deste trabalho de doutorado surgiu de algumas questões levantadas na finalização da minha dissertação de mestrado intitulada “Do planejamento à prática: a influência de um material didático na prática de um grupo de professores em formação em Química” (BUCCINI, 2016). Essa pesquisa de mestrado teve o intuito de investigar a apropriação de algumas tendências contemporâneas de ensino pelos licenciandos em Química. Entre essas tendências estavam algumas práticas consideradas inovadoras, principalmente as interações discursivas na dimensão do discurso mais interativo e/ou mais dialógico em sala de aula (MORTIMER; SCOTT, 2002) e o uso de um material temático que discute questões relacionadas à Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) enfatizando o ensino a partir de temas do contexto (QUADROS, 2004).

Como resultado, percebemos que ao entrar em contato com o material didático temático os licenciandos foram capazes de trabalhar com aulas desenvolvidas a partir da perspectiva CTS, organizando os conceitos no interior de temas desenvolvidos em sala de aula. Ao inserirem mais o estudante nas aulas, tornando-o coprotagonista, e receberem um retorno positivo em termos de envolvimento e de aprendizagem, os licenciandos passaram a comparar o ensino por meio de transmissão de informações com o ensino que faziam e que chamavam de “inovador”. Por diversas vezes, durante a pesquisa, demonstraram estar no caminho de superação do modelo tradicional de ensino, pautado exclusivamente na transmissão de informações (BUCCINI; QUADROS, 2019). No entanto, foram percebidos alguns pontos de atenção na atuação desses licenciandos. Além de um comprometimento excessivo com o conteúdo conceitual, em alguns momentos ficou evidente a dificuldade deles em tratar essa Ciência desenvolvida na escola como uma das formas de explicar as coisas do mundo. Como exemplo, em um conjunto de aulas em que eles mostravam que foi necessário criar três modelos de ligação química para explicar o comportamento da matéria, ou o conteúdo era tratado como modelo apenas na introdução ou ele nem era tratado como modelo. Quando questionados sobre isso, argumentaram que apresentar uma Ciência sem dizer tacitamente que aquilo é considerado certo e verdadeiro, poderia desacreditar essa Ciência. Por isso, ela era apresentada como

verdade (BUCCINI; QUADROS, 2019). Esses resultados nos fizeram perceber que a Natureza da Ciência era um ponto que precisaria ser mais explorado e pesquisado.

A partir desse entendimento, o projeto evoluiu no sentido de investigar algumas propostas de trabalho com estudantes de licenciatura que pudessem auxiliar no entendimento de como o conhecimento científico é construído e como o meio social e cultural pode interferir no trabalho do cientista e, ainda, como a Ciência interfere na vida de cada um. Mas, mais do que isso, nossa proposta era investigar como esse entendimento poderia afetar a forma como esses licenciandos pensavam a Ciência que é comunicada e trabalhada em sala de aula.

Mas qual a importância disso? Além de todo o impacto na qualidade da educação científica básica (cujos aspectos teóricos serão trabalhados posteriormente) pode existir também um impacto na forma como a sociedade se relaciona com o meio científico. Muitos autores (LEDERMAN, 2006; MATTHEWS, 2012; ALLCHIN, 2011; IRZIK; NOLAN, 2011; CONANT, 1970; IRWIN, 2000) tratam da importância de se considerar aspectos da Natureza da Ciência (NdC) no ensino de Ciências para que não sejam desenvolvidas, nos estudantes, concepções equivocadas sobre como o conhecimento científico é construído. Conant (1970) argumenta que a incapacidade de compreender o essencial de uma discussão que envolve Ciência não está apenas na incapacidade de entender o jargão técnico científico ou na falta de conhecimento da área, mas principalmente na capacidade de compreender o que a Ciência pode realizar ou não.

O Brasil vive um momento conturbado politicamente e isso tem afetado, de certa forma, a Ciência. Questionamo-nos se ideias equivocadas de Ciência poderiam ser uma explicação para que teorias como a “Terra Plana”, movimentos antivacinas, manchetes sensacionalistas falando que “a Ciência comprova” ou que algo é “cientificamente provado”, entre outras teorias, ganhem força, principalmente nas redes sociais. Em uma reportagem de setembro de 2017, da BBC Brasil (British Broadcasting Corporation), intitulada *Quem são e o que pensam os brasileiros que acreditam que a Terra é plana*¹ são expostos alguns argumentos daqueles que são simpatizantes da teoria. Destacamos a seguinte fala de um dos entrevistados: “O Big

¹ Quem são e o que pensam os brasileiros que acreditam que a Terra é plana, por Mariana Alvim – Disponível em <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-41261724> – acesso 07/04/2019

Bang nunca foi provado pelo método científico: ninguém consegue reproduzi-lo, observá-lo e medi-lo. Então, é uma teoria filosófica, e não científica”. Percebemos por meio dessa fala indícios de concepções equivocadas do próprio conceito de teoria, do método científico e, inclusive, pouco ou nenhum entendimento de como a Ciência funciona. É relativamente fácil encontrar relatos e ideias semelhantes a essa circulando nas redes sociais. Algumas delas podem ser potencialmente desastrosas, como é o caso do movimento antivacina, que foi incluído pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um dos dez maiores riscos à saúde global em 2019². A partir disso, nos questionamos em relação ao papel da escola e do ensino de Ciências na formação de sujeitos pensantes e esclarecidos, que conhecem ao menos minimamente o processo de produção científica.

Acreditamos que seja papel da educação científica formar um cidadão que conheça com mais profundidade a Natureza da Ciência, ou seja, como ela é produzida, as vantagens e desvantagens dessa produção, as influências que essa produção sofre etc. Segundo Allchin (2011), é necessário que o ensino de Ciências prepare o estudante para que ele seja capaz de avaliar evidências julgando os diferentes fatores sociais, econômicos e interesses diversos envolvidos, e o entendimento de como funciona a Ciência (entender como o conhecimento é produzido, transmitido e o que garante sua confiabilidade) facilita esse processo. Acreditamos que uma pessoa cientificamente alfabetizada é mais crítica em relação às informações relacionadas à Ciência.

Se a educação tem como um de seus objetivos formar cidadãos cientificamente alfabetizados, entendemos que a atuação do professor de Ciências é crucial. Assim, destacamos a importância de os cursos de formação de professores promoverem discussões que possibilitem aos licenciandos evoluírem suas próprias concepções da natureza do conhecimento científico. Existem trabalhos que mostram que professores de Ciências, mesmo depois de formados, podem manter concepções inadequadas de Ciência (LEDERMAN, 1992; GIL-PÉREZ *et al.*, 2001), e que isso reflete em sala de aula. Ao refletirmos sobre o conteúdo programático de disciplinas, como é o caso da disciplina de Química na Educação Básica, temos a percepção de que muitos conceitos

² Reportagem de O Globo – **Movimento antivacina é incluído na lista de dez maiores ameaças à saúde em 2019** – <https://oglobo.globo.com/sociedade/saude/movimento-antivacina-incluido-na-lista-de-dez-maiores-ameacas-saude-em-2019-23413227> (acesso em 09/04/2019).

e teorias são colocados aos estudantes sem a problematização de como se deu sua construção e, muitas vezes, as teorias são discutidas como verdades e não como explicações da Ciência (IRWIN, 2000). No Ensino Básico, por exemplo, o átomo é estudado por meio da evolução histórica dos modelos que foram propostos para explicar a constituição da matéria. No entanto, ao abordar ligações químicas, interações e outros conceitos da Química (que são teorias derivadas dos modelos para o átomo), esses conhecimentos muitas vezes não são tratados como explicações ou como modelos e, sim, como um conhecimento comprovado (IRWIN, 2000). Além disso, são raras as abordagens que trabalham o contexto histórico e social que sempre permeia o desenvolvimento científico. Acreditamos que um professor que tenha um entendimento adequado das práticas epistêmicas (KELLY; DUSCHL, 2002) da Ciência, além de trabalhar seu conteúdo de forma mais realista também seria mais aberto a outras formas de comunicar esse conhecimento, evitando o tradicional modelo de transmissão e recepção de informações (MANSOUR, 2009; GIL-PÉREZ *et al.*, 2001).

Dessa forma, ao iniciar a construção do projeto de doutorado tivemos em mente a importância de considerar aspectos relacionados à Natureza da Ciência na formação de professores, de forma que suas concepções sobre a construção do conhecimento, o trabalho dos cientistas e a visão de que a Ciência não é neutra pudessem ser questionadas e, como consequência, pudessem evoluir. Mesmo tendo clareza de que essas concepções devem ser construídas ao longo de toda a formação, acreditamos que é relevante investigar a contribuição de atividades desenvolvidas ao longo de uma disciplina. Acreditamos que esses futuros professores devem ser convencidos de que a Ciência é uma forma consistente de explicar o mundo (das muitas que existem) e assim ela deve ser tratada em sala de aula.

A partir disso, a proposta para este trabalho de doutorado foi acompanhar a disciplina: “Que Ciência é comunicada em sala de aula?”. Essa disciplina foi ofertada para estudantes do curso de Licenciatura em Química da UFMG no segundo semestre do ano de 2018. O conteúdo programático contou com atividades diversas que visavam melhorar o entendimento dos estudantes sobre as práticas epistêmicas da Ciência e promover a reflexão sobre sua futura prática em sala de aula. Essas atividades foram organizadas em torno de estudos de caso históricos e

contemporâneos, atividades envolvendo representações multimodais e propostas que simulavam situações de ensino em sala de aula.

Analisamos as aulas e atividades da disciplina com o intuito de perceber mudanças no posicionamento dos graduandos em relação à Ciência e também na forma como pensavam sua prática futura. Nosso objetivo foi de entender como as diversas atividades da disciplina poderiam contribuir para possíveis mudanças nas concepções.

No Capítulo I apresentamos nosso problema de pesquisa e as questões que esperamos poder responder ao final deste trabalho. Assim, apresentamos um panorama dos cursos de Licenciatura em Química no Brasil e os desafios atuais na Formação de Professores de Ciências. Tratamos também da importância de considerar aspectos da Natureza da Ciência (NdC) no Ensino de Ciências e apresentamos algumas pesquisas que aliam a NdC à temática de Formação de Professores.

No Capítulo II apresentamos o referencial teórico usado como base para este trabalho e também para a construção da disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?”. Nele tratamos do uso de estudos de caso (históricos e contemporâneos) como estratégia para o ensino de Ciências. Além disso, apresentamos também aspectos teóricos da multimodalidade e das representações multimodais.

No Capítulo III relatamos o percurso metodológico realizado nesta pesquisa, momento em que serão retomadas as questões de pesquisa, detalhado o contexto de investigação e realizada uma breve discussão sobre o lugar da pesquisadora. Nele também são discutidos os métodos de coleta e de análise de dados.

Nos Capítulos IV, V e VI apresentamos e discutimos os dados coletados durante a pesquisa. No Capítulo IV discutimos os dados provenientes dos questionários, aplicados antes de iniciar a disciplina e ao final dela. No Capítulo V são explorados alguns episódios de interesse para a pesquisa que ocorreram ao longo da disciplina, e no Capítulo VI são apresentados os resultados provenientes da análise das entrevistas. E por fim, no Capítulo VII estão as considerações finais.

CAPÍTULO I – DELINEANDO O PROBLEMA DE PESQUISA: A NATUREZA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES.

I.1 – Panorama dos cursos de Licenciatura em Química

Os cursos de Licenciatura no Brasil são organizados a partir de diretrizes, pareceres e políticas curriculares que orientam a estruturação curricular do curso (WENZEL, 2017). Segundo Wenzel (2017) a discussão sobre os cursos de formação de professores tem se intensificado desde 1980 e tem como marco legal as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial e continuada em nível superior.

Wenzel (2017), Diniz-Pereira (2017) e Schnetzler (2002) alertam para os problemas atuais que existem no modelo de formação do professor no Brasil. Para os autores, ainda prevalece uma estrutura em que o conjunto de disciplinas que tratam de conhecimentos didático-pedagógicos, voltados para o ato de ensinar, não está articulada ao conjunto de disciplinas de caráter mais técnico, ou seja, aquelas de conteúdo específico da área de formação. Segundo Schnetzler (2002) os currículos dos cursos de licenciatura tendem a distanciar o conhecimento acadêmico do conhecimento da prática profissional. Para a autora os cursos de formação

propiciam um sólido conhecimento básico-teórico no início do curso, com subsequentes disciplinas de Ciências aplicadas desse conhecimento para, ao final, chegarem à prática profissional com os famosos estágios. No caso da formação docente, esse modelo concebe e constrói o professor como técnico, pois entende a atividade profissional como essencialmente instrumental, dirigida para a solução de problemas mediante a aplicação de teorias e técnicas. (SCHNETZLER, 2002, p. 17)

Schnetzler (2000) alerta que a maioria dos currículos dos cursos de Licenciatura apresentam dois caminhos paralelos que poucas vezes se cruzam. Os conteúdos específicos – no caso da Licenciatura em Química se referem à Química, Matemática, Física, entre outros – são trabalhados independentemente dos conteúdos didáticos e pedagógicos e vice-versa. Em uma tentativa de propiciar uma formação mais sólida e que articule as diferentes dimensões da prática docente, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica (Resolução CNE/CES 2002) estabelecem um quadro de carga horária mínima para as atividades do curso de licenciatura. O documento estabelece 400 horas de prática como componente curricular ao longo do curso; 400 horas de estágio curricular a partir da segunda

metade do curso; 1.800 horas para conteúdos curriculares de natureza científico-cultural; e 200 horas para a realização de outras atividades acadêmicas, científicas e/ou culturais (UFMG, 2005).

Segundo Diniz-Pereira (2017) a CNE/2002 buscava um “aumento significativo da carga teórico-prática dos cursos de formação” (p.101) e, também, obter maior autonomia dos cursos de licenciatura em relação aos cursos de bacharelado. O autor explica que o termo utilizado na CNE/2002 *prática como componente curricular* tinha o objetivo de “reforçar a articulação entre teoria e prática na formação docente” (p. 101). No entanto, como explica Diniz-Pereira (2017), na maioria dos cursos de licenciatura não ocorreu a “adoção de medidas que significassem uma mudança verdadeiramente paradigmática” (p. 102).

Em 2015 foram aprovadas novas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Licenciatura. A CNE/2015 conserva o essencial dos documentos anteriores, mas aumenta a carga horária de 2.800 horas para 3.200 horas (DINIZ-PEREIRA, 2017). A CNE/2015 apresenta 3.200 horas de trabalho acadêmico efetivo com duração mínima de oito semestres ou quatro anos. Essa organização compreende 400 horas de prática como componente curricular, 400 horas dedicadas ao estágio supervisionado, pelo menos 2.200 horas dedicadas às atividades formativas estruturadas e 200 horas de atividades teórico-práticas de aprofundamento em áreas específicas de interesse dos estudantes (BRASIL, 2015). O segundo parágrafo do artigo 13 do Capítulo V das Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada traz o seguinte:

Os cursos de formação deverão garantir nos currículos conteúdos específicos da respectiva área de conhecimento ou interdisciplinares, seus fundamentos e metodologias, bem como conteúdos relacionados aos fundamentos da educação, formação na área de políticas públicas e gestão da educação, seus fundamentos e metodologias, direitos humanos, diversidades étnico-racial, de gênero, sexual, religiosa, de faixa geracional, Língua Brasileira de Sinais (Libras), educação especial e direitos educacionais de adolescentes e jovens em cumprimento de medidas socioeducativas. (BRASIL, 2015, p. 11)

O currículo do curso de Licenciatura em Química, no qual se deu esta pesquisa, está em reformulação, visando atender a legislação vigente. Nele, as disciplinas teóricas de cunho pedagógico passaram a fazer parte do conjunto de “conteúdos

curriculares de natureza científica/cultural” e as disciplinas de componente curricular “prática de ensino” são aquelas que estimulam o diálogo entre os conteúdos específicos do campo da Química com os conteúdos didático-pedagógicos.

No entanto, antes de ser implementada a resolução de CNE/2015 foi lançada a resolução CNE/2019 e por isso o curso está em nova reformulação. A CNE/2019 prevê 3200 horas que devem considerar: 800 horas para a base comum (conhecimentos científicos, educacionais e pedagógicos), 1600 horas para conteúdos específicos das áreas, componentes, unidades temáticas e objetos de conhecimento da BNCC, 800 horas de prática pedagógica distribuídas em 400 horas de estágio supervisionado e 400 horas para práticas de componentes curriculares.

As adaptações ou reformulações feitas nos cursos de licenciatura visam uma formação mais sólida de nossos professores, na qual os saberes teóricos estejam imbricados com a prática docente. No entanto, apenas a pesquisa pode fornecer dados que permitam analisar mais amplamente essa formação.

I.2 – Questões de Pesquisa

Para a construção das questões de pesquisa partimos da hipótese que um conjunto organizado de atividades que incluem estudos de caso históricos e contemporâneos pode auxiliar e confrontar as concepções dos professores em formação, auxiliando na evolução dessas concepções e na reflexão da prática docente. É nossa expectativa que esse conjunto organizado de estratégias poderá influenciar sua prática docente depois de formados.

Dessa forma, temos como questões principais de pesquisa: Que concepções e sentidos da Natureza da Ciência circulam no discurso de professores em formação ao longo da disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?” e quais estratégias favorecem a sua evolução?

As seguintes questões mais específicas surgem para ajudar a responder às questões principais:

- Quais as concepções dos licenciandos sobre questões relacionadas à Natureza da Ciência ao iniciar e ao finalizar a disciplina?

- Quais as contribuições dos estudos de caso utilizados durante a disciplina na evolução de concepções da Natureza da Ciência?
- Um entendimento mais amplo em torno da Natureza da Ciência auxilia o professor em formação a problematizar o seu próprio papel na sala de aula?
- Como as representações multimodais podem auxiliar o professor a promover um ensino que permita um entendimento de modelos da Ciência?

I.3 – Os desafios atuais da Formação de Professores

Questões relacionadas à Educação estão sempre presentes em pautas políticas e têm uma ligação direta com planos sociais. É consenso que a transformação social de um país passa pela melhoria dos índices educacionais e pelo acesso à educação de qualidade a toda a população. No Brasil os problemas relacionados a educação podem ser exemplificados pelos resultados de avaliações internacionais, como o *Programme for International Student Assessment* (PISA), ou mesmo nacionais, como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), e eles não têm mostrado índices muito animadores.

O PISA é uma avaliação internacional que permite aferir conhecimentos e habilidades de estudantes de até 15 anos, tanto em leitura quanto nas áreas de Matemática e Ciências, e compará-los com os dados de outros países (BRASIL, 2016). Na avaliação do PISA, realizada em 2015, o Brasil caiu para a 63ª posição na área de Ciências e para a 66ª colocação em Matemática. De acordo com o relatório publicado pelo INEP, 56,6% dos estudantes brasileiros estão abaixo do nível de proficiência em Ciências considerado necessário para que possam exercer plenamente sua cidadania (BRASIL, 2016, p. 84). Esses resultados expõem apenas uma parte do problema, o que nos leva a perguntar quais os motivos ou as explicações para índices tão abaixo do ideal. Por meio de uma rápida busca por notícias relacionadas à educação disponíveis na *internet* é possível ter uma ideia da extensão do problema, que certamente tem vínculos com questões relacionadas à merenda escolar, à violência nas escolas, à infraestrutura, às greves de professores, às condições precárias de trabalho, à pouca valorização do professor, entre outros tão recorrentes nas páginas de notícias.

Para a melhoria da educação como um todo, a pesquisa na área tem apontado a necessidade de avanços em questões relacionadas ao trabalho docente, tais como a valorização da carreira docente, melhores condições de trabalho e uma formação de qualidade, primordiais para qualquer plano de melhoria educacional. A partir disso, entendemos que a formação do professor deve ser priorizada como um dos pilares para melhoria da educação, ressaltando, no entanto, que ela é apenas ela é apenas uma das bases dessa mudança.

Gatti (2013) ressalta que a atenção aos professores não deve ser delegada à importância secundária e enfatiza que professores “constituem setor vital, nevrálgico, nas sociedades contemporâneas e são uma das chaves para entender as suas transformações” (GATTI, 2013, p. 52). A autora faz uma análise do contexto contemporâneo e afirma a necessidade da construção de uma “escola justa”, ou seja, que promove justiça social e que não exclui, mas, inclui, uma escola que

[...] lida com as heterogeneidades, as respeita e leva a aprendizagens eficazes. Ou seja, aquela escola em que os alunos aprendem de forma significativa e se educam para a vida como cidadãos. Assim, esse novo paradigma solicita cada vez mais que o profissional professor esteja preparado para exercer uma prática educativa contextualizada, atenta às especificidades do momento, à cultura local e ao alunado diverso em sua trajetória de vida e expectativas escolares. (GATTI, 2013, p. 53)

Dessa forma, entende-se a educação como um direito humano que permite e dá condições aos cidadãos de exercerem seus direitos civis, na medida em que promove a apropriação de conhecimento. O conhecimento, quando não chega a todos, pode ser considerado como um dos determinantes das desigualdades sociais (GATTI, 2013).

Gatti (2013) trabalha com a ideia de eixos em práticas educativas na escola. Essas práticas se configuram na forma como as novas gerações são formadas, e utilizam como pontos centrais a criação de um bem comum, partindo do meio cultural e científico. A forma como os professores constroem essas práticas educativas, de acordo com a autora, se ancoram em: domínio de conhecimentos (pedagógico e específico), sensibilidade cognitiva, capacidade de relacionamentos didáticos frutíferos e condições de fazer emergir atitudes éticas.

As questões apresentadas expõem a complexidade da profissão docente que se configura como um campo interdisciplinar que envolve políticas públicas, legislação,

trabalho, saberes docentes, entre outros aspectos. A formação docente de qualidade, apesar de não ser o único fator a ser considerado para a melhoria da educação, é um ponto chave e de grande importância para a melhoria dos índices educacionais e para, principalmente, cumprir os objetivos educacionais de uma escola que poderia ser chamada de “justa”. Nesse sentido, o campo de pesquisa em formação de professores tem grande relevância na produção de conhecimentos científicos que possam contribuir para a melhoria da educação.

A pesquisa na área de formação de professores ganhou grande destaque na literatura especializada, em número e relevância, nos últimos 50 anos (NÓVOA, 2017). Nos anos 90, autores como Nóvoa, Schön, Shulman, Zeichner, Perrenoud, entre outros, ganharam destaque na área ao desenvolverem propostas que abordam os processos formativos desse profissional. Apesar dos grandes avanços na pesquisa sobre formação de professores, nos últimos anos temos observado um crescimento da insatisfação com a profissão “que resulta da existência de uma distância profunda entre as nossas ambições teóricas e a realidade concreta das escolas e dos professores” (NÓVOA, 2017, p. 1108). De acordo com Perrenoud (2007), as instituições formadoras de professores estão longe de desenvolver um programa de formação que contemple todas as questões a que os professores são expostos na realidade escolar. Para o autor, aqueles que querem se tornar professores ainda conservam a visão de professor como detentor e transmissor de conhecimentos, ou seja, ainda prevalece a visão de ensino tradicional. Considerando a necessidade de construir uma escola justa, não reprodutora de desigualdades e que atenda às necessidades formativas dos estudantes do século XXI, é importante questionar o ensino tradicional e desenvolver meios de tornar o ensino mais inclusivo e significativo. Dessa forma, é essencial um modelo de formação de professores que atenda a essas demandas.

Os trabalhos de Tardif (2000), Quadros *et al.* (2005), Catani, Bueno e Sousa (2000) e Freitas e Villani (2002) apontam que os estudantes dos cursos de Licenciaturas ingressam no curso com concepções já formadas sobre a profissão docente, tendo a transmissão e recepção de informações como um modelo viável e, algumas vezes, como o único possível. Essas construções começam a ser formadas no início da vida escolar, a partir da convivência com professores que atuam com base nessa perspectiva mais tradicional. Resultados de pesquisas mostram que mesmo

depois do contato com teorias contemporâneas de ensino e aprendizagem, que enfocam a necessidade de tornar o estudante mais ativo em sala de aula e mais responsável pela própria aprendizagem, a maioria dos professores (formados ou em formação) ainda mantém um vínculo muito forte com a perspectiva mais tradicional.

De acordo com Carvalho e Gil-Pérez (2011), embora os professores em formação inicial normalmente tendam a expressar certa rejeição pelo ensino tradicional, em sua prática profissional continuam repetindo esse modelo, situação já identificada em pesquisas realizadas por Quadros *et al.* (2005), Catani, Bueno e Sousa (2000) e Freitas e Villani (2002). Quadros *et al.* (2005) afirmam que o papel dos cursos de formação deve ser o de problematizar e questionar essas concepções sobre professor, ensino e aprendizagem, para que o professor em formação possa se abrir para outras possibilidades.

Como evidenciado, a formação de professores se apresenta como um desafio para formadores devido à complexidade da profissão e do campo de atuação. O professor precisa conhecer muito bem aquilo (conteúdo) que vai ensinar, mas precisa também conhecer e se apropriar de teorias de ensino e aprendizagem (oriundas de outros campos, como a psicologia educacional), entender da produção de um dado conhecimento e os impactos que isso trouxe para a sociedade (geralmente da filosofia), conhecer o contexto em que os sujeitos aprendizes estão inseridos (sociologia) e, também, conhecer tudo aquilo que envolve a produção científica (epistemologia). Enfim, trata-se de uma formação complexa. Apesar de acontecer em todas as áreas, essa formação traz algumas especificidades para cada uma delas e não poderia ser diferente quando se trata do ensino de Ciências da Natureza. Assim sendo, passamos a tratar das especificidades dessa área.

I.4 – A Formação do Professor de Ciências e suas especificidades

O professor de Ciências da Natureza lida diariamente com desafios próprios da sua área de ensino e também com os desafios comuns a todo professor. É necessário lidar com as expectativas dos estudantes em relação à escola e com a dificuldade da escola em se transformar para atender a essas expectativas. Também é indispensável diminuir a fragmentação do conhecimento, oriunda da máxima socrática de que para

entender o mundo é necessário dividi-lo em partes, estudando cada uma dessas partes. É preciso, ainda, conhecer e lidar com as concepções alternativas de que os alunos fazem uso para explicar o mundo em que vivem, com as visões ingênuas da Ciência (que muitas vezes o próprio professor carrega), além de outros desafios. Para lidar com tudo isso, é demandado do professor a utilização de complexas estratégias, tanto para prender a atenção do aluno quanto para levá-los a entender o mundo a partir do ponto de vista da Ciência.

Millar (2003) faz uma reflexão do ensino de Ciências e cita trabalhos que mostram que “poucos jovens por volta dos dezesseis anos têm uma base sólida sequer dos fatos, princípios, conceitos e ideias mais básicas em Ciências”. O autor faz uma crítica aos currículos tradicionais e aborda que normalmente são apresentadas grandes quantidades de ideias em sucessão, sem que o estudante tenha oportunidade de refletir e interpretar as informações. Ao discutir um “currículo de Ciências voltado para a compreensão de todos” (2003, p. 81), o autor discute que, para ser considerado cientificamente alfabetizado, o estudante precisa entender um mínimo indispensável de conteúdos de Ciências. E para isso defende o princípio “faça menos, mas faça melhor” (p. 82). Sobre isso ele cita que:

É quase um lugar-comum observar que o currículo é sobrecarregado. Como resultado, não é claro sobre suas prioridades; os estudantes (e talvez também os professores) são incapazes de ver madeira relacionada às árvores. O inchaço dos livros didáticos, pacotes curriculares e programas de estudos dão a impressão de falta de consenso sobre as prioridades e sobre estrutura. O que é central? O que realmente importa? (MILLAR, 2003, p. 82).

Portanto, a questão não é se o estudante precisa entender a Ciência e seus conteúdos. A Ciência faz parte da nossa cultura e é, também, formadora da nossa cultura. Portanto, todos precisam entendê-la e apreciá-la! A discussão está relacionada a quais conteúdos são realmente necessários e quais as formas de abordá-los para que eles se tornem mais significativos para o estudante. O autor cita a importância da compreensão de modelos científicos, dos métodos da Ciência (incluindo uma crítica ao método científico ensinado nos livros didáticos), da necessidade de uma ênfase mais tecnológica para o ensino e, ainda, da importância de se considerar a Ciência como um empreendimento humano (MILLAR, 2003). Dessa forma, um currículo que contemple essas questões seria diferente do que está presente na maior parte das escolas brasileiras. Com isso, queremos dizer que um bom currículo deveria ser mais seletivo

em termos de conceitos/conteúdos (menos inchado) e mais orgânico (menos dependente da ordem apresentada pelos materiais didáticos).

No entanto, apenas mudanças curriculares não seriam suficientes para resolver o problema. Ao considerar o professor um dos principais atores do processo educacional, faz sentido afirmar que mudanças curriculares só serão eficazes quando esses profissionais se apropriarem e implementarem essas mudanças em suas práticas em sala de aula (GIL-PÉREZ; VILCHES, 2004). Portanto, a atenção ao trabalho do professor e à sua formação é essencial para esse processo.

A formação do professor de Ciências tem tido grande destaque na literatura especializada da área. Dentre os trabalhos publicados destacamos o de Wallace e Loughran (2012) e o de Carvalho e Gil-Pérez (2011), que apresentam resultados de pesquisa sobre formação de professores. Wallace e Loughran (2012) indicam que, em âmbito internacional, o foco das pesquisas envolvendo a formação de professores de Ciências deixou de ser sobre professores para ser com professores, ou seja, envolvendo os professores na pesquisa de sua própria prática. Essa mudança veio acompanhada por um maior interesse dos pesquisadores pela natureza dos conhecimentos dos professores.

Carvalho e Gil-Pérez (2011) fazem uma análise sobre quais conhecimentos os professores poderiam adquirir para superar visões simplistas de ensino de Ciências. Segundo os autores, o conjunto de conhecimentos apontados por eles possibilita uma visão mais complexa e completa da atividade docente e enfatiza tanto a necessidade de um trabalho coletivo, desde o planejamento até as avaliações, quanto uma formação permanente dos professores (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011). Os autores trabalham alguns aspectos dos conhecimentos e saberes que consideram importantes para a formação de professores de Ciências e para a atuação desses profissionais. Os conhecimentos apontados por Carvalho e Gil-Pérez (2011) são:

a) Conhecer a matéria a ser ensinada: o conhecimento do conteúdo é considerado imprescindível para o professor. Como apontado pelos autores, normalmente os cursos de formação inicial nas áreas de Ciências da Natureza são criticados por focarem grande parte de sua carga horária no estudo dos conhecimentos científicos, mostrando uma valorização excessiva desse tipo de conteúdo. Apesar disso, não podemos desconsiderar a importância do

conhecimento específico, pois, de acordo com os autores, uma das grandes dificuldades encontradas pelos professores ao adotar metodologias inovadoras é justamente a deficiência em conhecimentos científicos. O professor que não domina com clareza o conhecimento de conteúdo dificilmente se sentirá seguro para propor atividades mais abertas e centradas no aluno, pois esse tipo de atividade geralmente estabelece em sala de aula um ambiente de discussão em que os alunos expõem suas ideias e concepções alternativas. Seria papel do professor conduzir essa discussão de forma a questionar essas concepções e apresentar a visão considerada adequada pela Ciência (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011). Esse movimento exige do professor um amplo conhecimento sobre o conteúdo e também a habilidade de conduzir a discussão.

b) *Conhecer e questionar os saberes docentes*: Carvalho e Gil-Pérez (2011) apontam, também, a necessidade de os cursos de formação, sejam os iniciais ou os continuados, conhecerem e questionarem os saberes docentes de senso comum, presente nos professores. Isso já foi destacado por Quadros *et al.* (2005), Catani, Bueno e Sousa (2000) e Freitas e Villani (2002), que argumentam que a formação do professor se inicia nos primeiros anos de escolaridade e tem grande influência na atuação do professor. No que se refere ao ensino de Ciências, é importante o professor questionar: a visão simplista do trabalho científico que estudantes comumente apresentam; os aspectos históricos e sociais que muitas vezes são desconsiderados; o fato de o fracasso escolar nas disciplinas de Ciências ser visto como normal e, às vezes, até desejável; e a autoridade inquestionável do conhecimento científico, entre outras visões (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

c) *Conhecer teorias de aprendizagem*: Os autores citam também a importância dos conhecimentos teóricos sobre aprendizagem. Para eles

é preciso romper com tratamentos atóricos e defender a formação de professores como aquisição, ou melhor, (re)construção de conhecimentos específicos em torno do processo ensino/aprendizagem das Ciências, que deverão integrar-se de modo coerente. (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p. 33).

Essa visão dos autores dialoga com a visão defendida por Diniz-Pereira (2010) (baseado nos estudos de John Dewey) e Quadros *et al.* (2015) referente à indissociabilidade entre as teorias que embasam a pedagogia e a prática docente

e a necessidade de valorizar as duas áreas de conhecimento de igual maneira. Carvalho e Gil-Pérez (2011) defendem que os conhecimentos teóricos do ensino e da aprendizagem favorecem que os professores tenham uma visão mais crítica de seu trabalho e valorizem o campo teórico de ensino como um domínio científico (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p. 38). É importante acentuar que os cursos de formação inicial têm tanto o papel de problematizar esse modelo de professor, já sedimentado em alguns licenciandos, por meio de um processo reflexivo (SCHÖN, 2000), como o de favorecer a apropriação de “outras” práticas e concepções sobre a profissão. A indissociabilidade entre as teorias que embasam a pedagogia e a prática docente é essencial para o sucesso desse processo. Janerine (2019), ao analisar a contribuição de um programa de imersão à docência na formação inicial de professores de Química, relata que licenciandos que foram envolvidos no planejamento e desenvolvimento de aulas seguidas da avaliação compartilhada (pelo grupo e coordenadora do programa de imersão) e reflexiva das aulas foram capazes de construir “compreensões mais consolidadas sobre o papel do professor e do estudante” (p. 165). Nas palavras da autora:

Planejar, desenvolver as aulas e, principalmente, promover reflexões sobre a ação, ao longo das reuniões, pautadas em algumas tendências contemporâneas de ensino e aprendizagem, contribuíram para que os licenciandos pudessem mudar algumas crenças sobre a profissão docente. Além disso, contribuíram para que houvesse mudanças nas ações que desenvolveram em sala de aula ao longo do projeto de imersão na docência (JANERINE, 2019, p. 165).

d) *Analisar criticamente o ensino tradicional*: Outro saber importante apresentado por Carvalho e Gil-Pérez (2011) é ser capaz de analisar criticamente o ensino tradicional, considerando que para os autores ensino tradicional é aquele centrado no professor e baseado na transmissão de informações. Os autores discutem que, apesar da rejeição atual ao termo “ensino tradicional”, o ensino de Ciências não mudou muito nos últimos anos. É importante ressaltar que o ensino chamado “tradicional” já trouxe inúmeras contribuições para a formação de sujeitos. Hoje, no entanto, as informações estão disponíveis de várias maneiras (livros, revistas etc.), principalmente por meio da rede mundial de computadores (*internet*). Algumas vezes a *internet* traz as mesmas

informações, antes trabalhadas em sala de aula, de forma mais colorida, mais dinâmica e mais atrativa. Isso nos mostra que centrar o trabalho do professor na transmissão de informações pode se mostrar ineficaz, já que o estudante tem acesso a essas informações em vários outros meios. O que o estudante precisa, portanto, é significar essas informações. Porém, o que se percebe é que o modelo de ensino pautado na simples transmissão de informações parece ainda ser dominante.

Defendemos que, ao incorporar “outros” modos de ensinar, podemos envolver mais os estudantes nas aulas, desenvolver um modelo de ensino mais adequado para a geração tecnológica contemporânea e, ainda, superar várias críticas que vem sofrendo o ensino de Ciências. De maneira geral, o conteúdo desenvolvido nas aulas tem sido pouco contextualizado e, dessa forma, pode parecer distante da vida do estudante. Além disso, o conteúdo costuma ser pouco problematizado histórica e socialmente nas aulas, que via de regra são excessivamente conteudistas.

Na formação do professor de Ciências é indicado que sejam trabalhadas algumas reflexões próprias da área, além das questões que são comuns à formação de professores em geral. Além do que já foi destacado por Carvalho e Gil-Pérez (2011), outras questões importantes vêm sendo discutidas pela literatura, entre elas: a capacidade do professor de aproximar o contexto dos estudantes com a Ciência ensinada em sala de aula (SANTOS; MORTIMER, 2002; MUENCHEN; AULER, 2007); o desenvolvimento da capacidade argumentativa dos alunos, promovendo assim a habilidade de opinar sobre questões científicas (SANTOS; MORTIMER; SCOTT, 2001; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; BROCOS, 2015); o entendimento de questões relacionadas à natureza, história e filosofia da Ciência (LEDERMAN *et al.*, 2002; MATTHEWS, 2012; ALLCHIN, 2011); a apropriação da linguagem científica e uma atenção ao discurso em sala de aula (MORTIMER; SCOTT, 2002; SMART; MARSHALL, 2013; LEHESVUORI; VIIRI; RASKU-PUTTONEN, 2011); a multimodalidade, que trata dos vários modos de representações e comunicação em sala de aula, tais como gestos, imagens, sons, equações e outros (MORTIMER; QUADROS, 2018; JEWITT, 2008). Todas essas questões demonstram a complexidade do campo de conhecimento de um professor de Ciências e o desafio que é a formação de qualidade desse profissional.

Dessa forma, novamente ressaltamos a complexidade da formação do professor e a necessidade de que ele considere em sua prática saberes que vão muito além do domínio de conteúdos específicos de sua área de atuação. É no curso de formação que o futuro professor vai sendo preparado para que possa incorporar em sua prática a complexa interdisciplinaridade tão almejada no campo da Educação em Ciências. Sabemos que o processo de formação é gradual e contínuo e que esses pontos precisam ser colocados e problematizados durante o curso de formação. Acreditamos também que promover vivências no campo de trabalho, ao longo da formação inicial, oportuniza ao licenciando analisar sua prática docente e discuti-la a partir dos saberes e teorias do campo, entendendo que a prática deve ser pautada e sustentada por teorias de ensino e aprendizagem e ancorada em vivências e na discussão/reflexão dessas vivências (JANERINE, 2019).

Tendo em conta que é essencial que o professor entenda e desenvolva sua prática levando em consideração questões filosóficas e da Natureza da Ciência, passamos agora a abordar esse aspecto teórico para sua formação.

I.5 – Natureza da Ciência e a Ciência ensinada em sala de aula

Driver *et al.* (1999) defendem que “qualquer relato sobre ensino e aprendizagem das Ciências precisa levar em consideração a natureza do conhecimento a ser ensinado” Para esses autores, tão importante quanto aprender Ciências é aprender como o conhecimento é produzido. Possivelmente foram afirmações como essa que levaram os estudos da Natureza da Ciência a se configurarem como uma importante tendência de pesquisa na área da educação científica.

O desenvolvimento tecnológico vem produzindo artefatos que alteram a vida das pessoas, a ponto de afetar as políticas públicas e as relações sociais. Nesse cenário, o ensino de Ciências centrado na transmissão de informações ou nos produtos da Ciência tem se mostrado insuficiente para atrair os jovens tanto para a Ciência escolar quanto para a área científica. Também tem se mostrado insuficiente para a formação de um cidadão bem-informado que compreenda como a Ciência funciona e seja capaz de utilizar esse conhecimento em suas decisões pessoais (ALLCHIN, 2011). O ensino de Ciências baseado apenas nos produtos dessa Ciência e pautado pela transmissão de

conceitos, sem uma atenção para como esses conceitos são significados pelos aprendizes, tem sido criticado por toda uma linha de pesquisadores (LEDERMAN, 2006; MATTHEWS, 2012; ALLCHIN, 2011; IRZIK; NOLAN, 2011) que argumentam em torno da importância de aprender Ciências e da forma como o conhecimento é produzido. Para isso, tem sido indicado que estudos envolvendo a Natureza da Ciência (NdC) façam parte das reflexões da área de ensino de Ciências.

Lederman (2006) explica que, de forma geral, os estudos da Natureza da Ciência incluem saberes sobre epistemologia, sociologia, história, cultura e filosofia das Ciências. São estudos considerados complexos, pois se configuram como “metaconhecimento que surge da reflexão da própria Ciência” (ACEVEDO-DÍAZ *et al.*, 2005, p. 2), o que torna o entendimento da Natureza da Ciência potencialmente difícil. Dessa forma, muitos autores da área da educação científica dão enfoque maior à epistemologia das Ciências e aos “valores e suposições inerentes à construção do conhecimento”, conforme Acevedo-Díaz (2008, p. 135).

Lederman *et al.* (2002) indicam que não existe um consenso referente a uma definição específica da NdC entre filósofos, historiadores, sociólogos e educadores em Ciências. No entanto, os autores consideram que alguns aspectos da Natureza da Ciência são consensuais e, portanto, não são controversos entre os diversos estudiosos da área. Os autores apresentam oito características consideradas importantes e que consideram consensos da NdC, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Consensos em torno Natureza da Ciência citados.

Características consensuais	Descrição
A Natureza Empírica do Conhecimento Científico	A Ciência é parcialmente baseada em observações do mundo natural, mas nem todos os fenômenos podem ser observados diretamente. Portanto, as observações da natureza são sempre “filtradas pelo nosso aparato perceptivo e/ou por intrincada instrumentalização” (p. 499). As observações são quase sempre mediadas por uma série de suposições que fundamentam os instrumentos científicos. Portanto, toda observação carrega uma teoria implícita.
Distinção entre observação e inferência	A observação seria a descrição de fenômenos naturais captados pelos sentidos. As inferências seriam afirmações sobre fenômenos, que não são diretamente acessíveis aos sentidos.
Teorias científicas e Leis	Leis e teorias são formas diferentes de conhecimentos e não existe uma hierarquia entre elas. Os autores definem teoria como um “sistema de explicações bem estabelecidas” (p. 500) que são frequentemente baseadas em um conjunto de suposições e não podem ser testadas diretamente. As leis seriam “declarações

	descritivas de fenômenos observáveis” (p. 500).
Criatividade e imaginação	Frequentemente é possível encontrar concepções de que a Ciência é totalmente racional e ordeira. Os autores destacam o papel da criatividade e da imaginação na produção científica.
Dependência em relação a uma teoria	Praticamente todas as ações de um cientista, como a escolha do problema, a forma de conduzir a investigação, as observações e as interpretações, são influenciadas pelos “compromissos teóricos, crenças, conhecimentos, treinamento, experiências e expectativas do cientista” (p. 501). Não existem observações neutras.
A incorporação social e cultural do conhecimento científico	A Ciência é um empreendimento humano e, portanto, é afetada por fatores culturais e sociais.
O mito em torno de um único método científico	Um dos equívocos mais comuns envolvendo a Ciência é a suposição da existência de um método científico seguido por todos os cientistas. Essa ideia é pouco realista e não condiz com o trabalho de produção de conhecimento.
Natureza provisória do conhecimento científico	O conhecimento científico é considerado durável e confiável, mas não absoluto e certo. E, portanto, está sujeito a mudanças à medida que novas evidências e estudos surgem.

Fonte: Lederman *et al.* (2002).

De acordo com Lederman *et al.* (2002) o ensino de Ciências voltado para a compreensão da NdC deveria levar em consideração esses consensos e permitir que os estudantes compreendam a Ciência e a sua natureza. Dessa forma os estudantes poderiam desenvolver um entendimento mais realista da produção científica.

Matthews (2012), por sua vez, ao tratar das discussões sobre NdC no ensino de Ciências, analisa a utilização de listas consensuais e apresenta aspectos positivos e negativos em relação a seu uso na educação em Ciências. Como pontos positivos Matthews (2012) cita que por meio delas ocorreu uma abertura para o estudo da NdC em sala de aula e também forneceu aos pesquisadores uma forma de avaliar os entendimentos sobre o assunto. Como pontos negativos o autor esclarece que as listas consensuais podem se tornar “mantras” e funcionar como mais um conteúdo a ser aprendido, deixando de focar na reflexão e no pensamento crítico. O autor discute, ainda, que o uso de consensos pode simplificar a natureza complexa da construção do conhecimento e dos vários embates históricos e filosóficos que ocorreram e ocorrem ao longo de sua construção.

Matthews (2012) propõe a noção de características e não de aspectos da NdC para evitar os embates filosóficos e epistemológicos que ocorrem com o uso de listas. Dessa forma, outras características poderiam ser adicionadas à lista dos oito consensos (que ele trata como características), explorando a complexidade delas ao serem

discutidas e questionadas pelos estudantes e não, como seria ao usar as listas de consensos de Lederman, ao serem avaliadas e aprendidas. O autor argumenta que essas características deveriam ser abordadas dando prioridade à elaboração, ao questionamento e à discussão. A proposta do autor inclui, além das da lista de consensos de Lederman, as seguintes características: (9) experimentação, considerando a importância dada a ela por cientistas relevantes como Galileu e Newton, que a utilizaram para desenvolver revolucionárias teorias da Física, rompendo com o pensamento aristotélico de não interferência na natureza; (10) idealização, ou seja, o uso de condições teóricas e ideais para a investigação científica, uma vez que leis e teorias não são óbvias por natureza e não aparecem da experiência imediata; (11) uso de modelos, citando a grande importância do uso de modelos para o fazer Ciência, dando exemplos como o modelo de bola de bilhar para o átomo de Dalton, a dupla hélice do DNA, o modelo do fluxo de eletricidade, entre outros. Nesse sentido, o autor cita a importância do entendimento de aspectos da modelagem no ensino para construção de um conhecimento melhor informado sobre Ciência (MATTHEWS, 2012, p. 17-18). O autor ressalta, ainda, que essa lista de assuntos pode ser estendida para incluir qualquer outra característica importante da Ciência.

Essa lista de características vem referendar a complexidade do trabalho do professor de Ciências e também a necessidade de um ensino que vai além dos “produtos” da Ciência. No entanto, é importante retomar uma crítica feita por Matthews (2012), Irzik e Nolan (2011) e Allchin (2011) sobre a utilização de uma lista de consensos sobre a NdC, que pode funcionar como um guia rígido sobre o que ser aprendido e se configurar como mais uma “lista de conceitos a serem ensinados” (AZEVEDO; SCARPA, 2017), e dessa forma simplificar o processo, impedindo um pensamento crítico e complexo do tema. Azevedo e Scarpa (2017) alertam, ainda, que o uso de listas “traz uma noção de finitude uma vez que aspectos relevantes, como a dinâmica de produção do conhecimento entre as diferentes Ciências, não apareçam nessas listas” (AZEVEDO; SCARPA, 2017, p. 598). A partir dessa discussão, algumas propostas têm surgido para um ensino da NdC não dependente de listas de consensos. Comentamos, a seguir, as propostas de Irzik e Nolan (2011) e Allchin (2011).

Ao criticarem o uso de listas de concepções, Irzik e Nolan (2011) lembram que existe discordância em relação aos aspectos da NdC. Os autores propõem a ideia de

family resemblance ou semelhança de família (tradução livre). Nessa proposição, eles partem do princípio que membros de uma mesma família se assemelham em alguns aspectos, mas não em outros. Para eles existem características comuns à Ciência, mas que não são suficientes para defini-la. Um exemplo citado pelos autores é a observação, que é uma prática comum a quase todas as Ciências, mas que não se restringe ao meio científico. Dessa forma, a proposta de semelhança de família é de investigar as semelhanças das Ciências, agrupando-as em famílias. Para melhor entendimento, os autores fazem uma análise das diferentes Ciências como Astronomia, Biologia Evolucionária, Ciências Médicas, entre outras, e, para eles, em

qualquer par escolhido dessas Ciências, uma será semelhante à outra com relação a algumas características e distinta em relação a outras características. Se pensarmos nessas características como candidatas para a definição de Ciência, então nenhuma definição suficiente estaria disponível. Se adotarmos uma abordagem de semelhança de família, no entanto, as coisas parecem muito diferentes e promissoras. De fato, há uma série de semelhanças, cruzamentos e sobreposições entre essas disciplinas científicas que lhes darão unidade suficiente. (IRZIK; NOLAN, 2011, p. 596) (Tradução nossa).

Dessa forma, os autores consideram que a visão de semelhança de família aborda de forma mais sistemática e clara os aspectos de uma Ciência dinâmica e considera seu desenvolvimento histórico. A abordagem de semelhança de família pode ser utilizada pelo professor para promover discussões envolvendo as diferenças entre várias disciplinas científicas, suas orientações históricas, questões relacionadas aos métodos, motivações dos cientistas, funções e objetivos das Ciências, entre outros aspectos. Os autores citam, como exemplo:

(...) o professor pode começar perguntando o que os cientistas fazem. Essa pergunta provavelmente fará com que os alunos apresentem exemplos que se enquadrem na categoria “atividade científica”. Suponha que a observação, a experimentação e a construção de teorias surjam. Uma série de questões interessantes pode ser buscada nesse contexto: Observar uma atividade passivamente? Como a observação difere da experimentação? Qual é o sentido de se fazer um experimento e como isso se relaciona com a teoria? E assim por diante (IRZIK; NOLAN, 2011, p. 603). (tradução nossa)

Os autores defendem a abordagem da semelhança de família ao considerar que ela é filosoficamente neutra e não dependente de linhas filosóficas, como o empirismo, o realismo, o positivismo e o construtivismo, que podem ser adotadas para analisar cada categoria de semelhança familiar.

Outro autor que realiza críticas em relação à visão consensual é Allchin (2011). Para ele, o uso de listas não reflete de forma prática o contexto e não leva em consideração a “tomada de decisões pessoais e sociais” (p. 523). O autor defende a compreensão funcional e não declarativa de aspectos da NdC. Allchin (2011) exemplifica essa ideia ao retomar uma questão utilizada em instrumentos sobre concepções sobre NdC: “o que é um experimento?”. O autor defende que essa questão é de natureza metafísica, que seria de mais interesse aos estudos da filosofia e com pouca relevância em relação à tomada de decisão pessoal e social e em relação à alfabetização científica. Para ele o que realmente é importante no contexto educacional é o estudante ser capaz de avaliar a confiabilidade das evidências.

Segundo o autor, o cidadão bem-informado e com conhecimentos de Ciência seria capaz de conversar com cientistas e especialistas sobre tópicos que não domina e, por exemplo, avaliar a credibilidade de evidências e entender que dentro do meio científico os cientistas também cometem erros. Ao discutir como deve ser a educação voltada para o entendimento da NdC, ele propõe que os estudantes sejam preparados para avaliar evidências julgando os diferentes fatores sociais, econômicos e os interesses diversos envolvidos no caso. Segundo o autor, o entendimento de como funciona a Ciência facilita essa tomada de decisões.

No entanto, é preciso considerar que existem limitações para essas habilidades. Segundo Allchin (2011), em determinados assuntos, por mais bem informado que seja um cidadão, ele não será capaz de “coletar e avaliar todas as evidências sobre os benefícios, custos e riscos” (p. 521) de um determinado produto científico. Nesse sentido, mesmo cientistas dependem de outros cientistas (especializados em um determinado assunto) para basear suas opiniões que não estão relacionadas à sua área de pesquisa. Dessa forma, o autor afirma que a “alfabetização científica deve certamente também abordar habilidades para analisar a credibilidade de uma informação científica” (p. 521). Allchin (2011) cita os exemplos dos críticos ao aquecimento global e do caso de Andrew Wakefield, que publicou um estudo afirmando que uma determinada vacina de amplo uso poderia causar autismo. Para o autor, alguém que entende profundamente de como as práticas científicas funcionam saberia utilizar instrumentos científicos (como gráficos, tabelas) ou a informação de

financiamento à pesquisa (como no caso da vacina) para avaliar a credibilidade da informação.

Para Allchin (2011), é necessária uma compreensão mais prática e funcional da NdC e, nesse sentido, ele propõe a noção de *Whole Science* (tradução livre como Ciência Integral) que seria uma visão que contemple todas as dimensões da prática científica.

a Ciência inclui uma variedade de investigações, como documentar, descrever e organizar fenômenos naturais, mapear causas (nem sempre explicá-las), ou produzir certos "efeitos", bem como construir teorias e modelos. Os cientistas trocam demonstrações e amostras de materiais, bem como argumentos textuais. (...) Além disso, as práticas epistêmicas incluem não apenas métodos cognitivos e evidentes, mas também interações sociais. (ALLCHIN, 2011, p. 526) (tradução nossa)

O autor considera que um indivíduo cientificamente alfabetizado deve ter uma ampla compreensão das práticas científicas, ou seja, deve ser capaz de entender como o conhecimento é produzido, transmitido e o que garante sua confiabilidade (ALLCHIN, 2011, p. 524). Parece ser importante considerar, na educação científica, a busca por uma compreensão mais adequada dos aspectos da Natureza da Ciência e um entendimento de que a Ciência é uma das formas de conhecimento construídas pelo homem e, portanto, essencialmente social.

É importante que o professor considere aspectos da NdC ao planejar suas aulas, de forma que o estudante possa, por meio do ensino de Ciências, ter uma ideia mais real do que é o trabalho do cientista. Para reforçar nossa defesa em torno da melhoria do entendimento de Ciências e de como acontece o trabalho do cientista, buscamos na literatura especializada trabalhos focados em como criar instrumentos avaliativos para identificar concepções de Ciência e, também, os resultados obtidos, visando mapear as concepções mais comuns envolvendo a Natureza da Ciência. Os trabalhos analisados serão apresentados na seção seguinte.

I.5.1 – Pesquisas envolvendo Concepções de Natureza da Ciência

Lederman (1992) faz uma revisão de trabalhos que investigam concepções de estudantes envolvendo a Natureza da Ciência e, em sua maioria, os sujeitos investigados apresentaram concepções inadequadas da NdC. A revisão empreendida

por Lederman (1992) envolveu pesquisas realizadas nos 40 anos anteriores e procurou relatar resultados dos trabalhos mais citados e relevantes para a área. Segundo o autor, uma linha importante de pesquisa é aquela que investiga as concepções da NdC de professores de Ciências, por considerar a atuação do professor crucial para o desenvolvimento de currículos que levem ao amadurecimento dessas concepções nos estudantes. A partir desses estudos, Lederman (1992) apresenta importantes conclusões: as concepções do professor influenciam as concepções dos estudantes e os “comportamentos” e “decisões educacionais” dos professores são influenciadas por suas concepções da natureza do conhecimento científico.

Portanto, a forma que o professor comunica a Ciência em sala de aula é influenciada por suas crenças e suas concepções de como o conhecimento científico é produzido. É importante considerar o papel desse profissional em favorecer que os estudantes conheçam os processos da Ciência, e dessa forma, promover ideias mais consistentes de Ciência. Com isso, consideramos que esses entendimentos também precisam ser trabalhados durante a formação do professor de Ciências. Gil-Pérez *et al.* (2001) apontam que, quando os professores acreditam, por exemplo, que a Ciência é construída principalmente pelo método científico e que os conhecimentos são, portanto, verdades irrefutáveis, isso define a forma como irão ensinar. Nesses casos os conteúdos são apresentados como prontos, sem problematizar sua construção histórica e as questões e problemas que lhe deram origem.

Ao pensar no ensino de Ciências para melhorar o entendimento da NdC, duas principais abordagens são consideradas pela literatura: o ensino implícito e o explícito. Segundo Acevedo-Díaz (2009) a abordagem implícita considera que uma melhor compreensão da NdC pode ser adquirida indiretamente por meio de atividades que envolvem processos da Ciência, como a investigação científica, “sem a necessidade de fazer referências explícitas a aspectos da NdC” (p. 358). Ao que nos parece, Acevedo-Díaz não concorda com essa abordagem, pois cita trabalhos que defendem que ela não é suficiente para desenvolver uma compreensão mais apropriada da Natureza da Ciência. Segundo Acevedo-Díaz (2009) “envolver-se em atividades de investigação científica não é o mesmo que aprender sobre a NdC”.

Já a abordagem explícita considera utilizar elementos da História da Ciência e até mesmo um grau menor de Filosofia da Ciência. Diversos trabalhos destacam que o

ensino explícito dos aspectos da NdC nos currículos de Ciências tem sido defendido como componente essencial para a alfabetização científica, a exemplo de Abd-El-Khalick e Lederman (2000), Acevedo-Díaz *et al.* (2005) e Lederman (2006). Acevedo-Díaz (2009) ressalta que o ensino explícito da NdC não passa necessariamente pelo estudo das características propostas por Lederman, mas por um conjunto de atividades que levem os estudantes a refletir e discutir as práticas científicas e, dessa forma, serem capazes de avaliar situações cotidianas, de se posicionar e de entender que a Ciência é uma das formas de explicar o mundo.

Os tipos de atividades propostas para melhorar as concepções da NdC variam para os diferentes contextos e objetivos. Acevedo-Díaz e García-Carmona (2016b) citam três como mais importantes entre as estratégias encontradas na literatura para ensinar NdC:

- i) Investigação científica em sala de aula: inclui tarefas investigativas que podem ser experimentais ou não, mas que permitam aos estudantes simular o trabalho investigativo de um cientista.
- ii) Estudos de caso contemporâneos: estudo de questões científicas atuais como mudanças climáticas, células-tronco, uso de transgênicos, entre outros.
- iii) Estudos de caso históricos: uso da história da Ciência para conhecer os diferentes contextos e épocas do desenvolvimento científico e quais os processos históricos e sociais que influenciaram nesse processo.

Segundo Allchin (2011) os estudos de caso podem ser um instrumento valioso para resolução de problemas e tomada de decisões a partir de estudos baseados tanto no contexto atual quanto em casos da história da Ciência. Ambos podem permitir que os estudantes desenvolvam uma visão mais realista da NdC. As atividades de investigação, ao simular o trabalho de um cientista, podem permitir que os estudantes entendam o processo de análise de dados, formulação de hipóteses, entre outros.

Vale ressaltar a importância da qualidade da atividade a ser desenvolvida, que deve ser efetiva no sentido de desenvolver uma visão mais realista da Ciência. Portanto, o objetivo de utilizar abordagens explícitas e implícitas é formar um professor (ou estudante) apto a discutir questões sociocientíficas e ter um entendimento mais realista da Ciência e, principalmente, dos processos científicos.

Voltamos agora nossa atenção para a análise de algumas pesquisas recentes envolvendo concepções de professores de Ciências sobre a NdC e algumas abordagens encontradas na literatura especializada da área.

I.5.2 – Pesquisas conjugando a Formação do Professor de Ciências e a NdC

A formação do professor de Ciências tem sido um assunto recorrente na literatura especializada da área. O grande número de publicações sobre o assunto é um exemplo da expressividade das pesquisas relacionadas à Formação de Professores e representa a confirmação de que mudanças educacionais importantes e urgentes passam por uma adequada formação docente alinhada com os estudos com os estudos do campo da Educação em Ciências.

É comum encontrar estudos que se posicionam em relação à necessidade de superação do ensino baseado na transmissão de informações e que tratam de questões formativas que estão alinhadas às tendências contemporâneas do Ensino de Ciências como, por exemplo: Ensino de Ciências por Investigação, Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK, em inglês), Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), Discurso e Linguagem em Sala de Aula, Argumentação, Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS), Natureza da Ciência (NdC) e Multimodalidade.

Interessam, para este trabalho, os estudos que relacionam a formação de professores com a Natureza da Ciência. Tendo como base os trabalhos de Lederman (1992), Lederman *et al.* (2002), Matthews (2012) e Allchin (2011), foi possível perceber a necessidade de que os futuros professores compreendam que a Ciência sempre conviveu com polêmicas e é movida por interesses, e que tenham presente que se trata de uma construção humana visando explicar o mundo material. Estamos de acordo com Gil-Pérez *et al.* (2001) que defendem que concepções epistemológicas inadequadas da Ciência e da construção do conhecimento científico são alguns dos principais obstáculos para os movimentos de renovação da educação científica. Por isso a importância dos trabalhos envolvendo a NdC e o campo de formação de professores.

Um trabalho de revisão realizado por Gil-Pérez *et al.* (2001) analisou artigos que foram publicados entre 1984 e 1998 em importantes periódicos da área de Educação

em Ciências. A partir dos trabalhos analisados, Gil-Pérez *et al.* (2001) sistematizaram algumas visões distorcidas da Ciência que são comuns em professores da área. São elas: (1) concepção empírico-indutivista e ateórica – concepção que considera o papel neutro da observação e da experimentação, desconsiderando o papel da perspectiva teórica do pesquisador; (2) visão rígida da Ciência – o método científico é visto como um “conjunto de etapas a ser seguido mecanicamente”. Nessa visão é desconsiderado o papel da criatividade, da tentativa e da dúvida no trabalho científico; (3) visão “apromblemática” e “ahistórica” da Ciência – nessa visão é desconsiderada a evolução histórica da Ciência e todos os problemas e questionamentos que surgem durante a pesquisa científica; (4) visão exclusivamente analítica – refere-se à divisão parcelar da Ciência, que desconsidera a necessidade de um tratamento interdisciplinar para entender os fenômenos naturais de forma mais complexa; (5) visão cumulativa e de crescimento linear dos conhecimentos científicos – nessa visão não se faz referência às “frequentes confrontações entre teorias rivais, às controvérsias científicas, nem os complexos processos de mudança das teorias” (p. 133); (6) visão individualista e elitista da Ciência – aqui “os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo” (p. 134) e normalmente a Ciência é associada a uma atuação masculina; por fim, (7) a visão socialmente neutra da Ciência – são desconsideradas as complexas relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e que leva a “uma imagem deformada dos cientistas como seres ‘acima do bem e do mal’, fechados em torres de marfim e alheios à necessidade de fazer opções” (p. 133).

Gil-Pérez *et al.* (2001) defendem que essas concepções epistemológicas inadequadas referentes à construção do conhecimento podem ser consideradas alguns dos principais obstáculos para os movimentos de renovação da educação científica. Os autores citam pesquisas nas quais há relatos de que raramente os professores levam em conta os aspectos relacionados à natureza do conhecimento científico, limitando-se a abordagens conteudistas, o que faz perpetuar visões distorcidas da construção do conhecimento em seus próprios alunos.

Diante disso é perceptível a importância de considerar, na formação do professor, aspectos relacionados à Natureza da Ciência (NdC), de forma que suas concepções envolvendo a construção do conhecimento, o trabalho científico e a

suposta neutralidade da Ciência possam evoluir ou serem construídas ao longo de sua formação.

Na literatura especializada da área podem ser encontradas diversas pesquisas que tratam de quais concepções professores e licenciandos carregam da Natureza da Ciência (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001; VILELA-RIBEIRO; BENITE, 2009, TAVARES, 2006, JUNQUEIRA; MAXIMIANO, 2011; HARRES, 1999; CHINELLI; FERREIRA; AGUIAR, 2010; LEDERMAN, 1992; AZEVEDO; SCARPA, 2017; ALONSO *et al.*, 2011). De modo geral, as pesquisas indicam que os professores mostram visões inadequadas da Natureza da Ciência, com predomínio de uma visão empírico-indutivista, e que normalmente essas visões mudam pouco ao término de um curso científico. Alguns desses estudos analisam dados que indicam que essas concepções inadequadas podem evoluir para visões mais realistas quando os cursos de formação trabalham de forma mais explícita questões como História e Natureza da Ciência.

Os estudos que relacionam a NdC com a formação de professores em sua maioria investigam as concepções sobre a NdC utilizando como principal instrumento de coleta de dados um questionário (CHINELLI; FERREIRA; AGUIAR, 2010; JUNQUEIRA; MAXIMIANO, 2011; TEIXEIRA; FREIRE; EL-HANI, 2009; RUDGE *et al.*, 2014; NASCIMENTO; ALMEIDA; CAMPOS, 2013; MOREIRA; MASSONI; OSTERMANN, 2007; MARTIN-DUNLOP, 2013; JUNQUEIRA; MAXIMIANO, 2011; GARCÍA-CARMONA; ACEVEDO-DÍAZ, 2016; BAGDONAS; SILVA, 2015). É comum nas pesquisas o uso de pré-testes e pós-testes para identificar a evolução das concepções sobre a NdC de professores de Ciências em formação.

Todos os autores concordam que existem concepções de Ciência e da construção do conhecimento científico que podem ser consideradas inadequadas, e propõem diferentes intervenções, de curta ou longa duração, que podem auxiliar na mudança dessas concepções. Alguns trabalhos (RUDGE *et al.*, 2014; BAGDONAS; SILVA, 2015; NASCIMENTO, ALMEIDA; CAMPOS, 2013; MOREIRA, MASSONI; OSTERMANN, 2007) apresentam resultados de programas que utilizaram a História da Ciência para promover compreensões mais adequadas da Natureza da Ciência. Os estudos relatam um significativo amadurecimento em algumas questões relacionadas à NdC. No entanto, algumas concepções sobre a teoria científica, a experimentação e o método

científico (NASCIMENTO; ALMEIDA; CAMPOS, 2013) se mostraram mais difíceis de serem superadas.

Moreira, Massoni e Ostermann (2007) alertam para a carência de discussões envolvendo a produção científica nos cursos de licenciatura, evidenciando sua importância para que o ensino de Ciências se torne mais reflexivo e crítico. Rudge *et al.* (2014) e Bagdonas e Silva (2015) descrevem resultados de abordagens baseadas em estudos de caso históricos na formação de professores. Rudge *et al.* (2014), que usaram estudos de caso históricos na formação de professores durante um período aproximado de nove meses, relatam uma significativa melhora das visões de Natureza da Ciência, embora essa melhora não tenha se dado para todas as questões. Esse resultado pode ser um indício de que as concepções, apesar de aparentemente terem evoluído, continuaram arraigadas, pois os investigados, ao que parece, entraram em contradição. Para o autor, apenas estudos isolados de alguns casos históricos não são suficientes para superar algumas visões inadequadas e simplistas, sendo necessárias intervenções mais longas que ajudem os licenciandos a questionarem suas próprias concepções. Bagdonas e Silva (2015) realizaram um estudo com professores em formação envolvendo as relações entre Ciência e Religião e utilizaram para isso casos relacionados à história da cosmologia. Os pesquisadores acompanharam 21 participantes durante um curso que contou com cinco aulas de duas horas de duração cada. Os autores argumentam que os professores em formação não só refletiram sobre os casos apresentados, mas também em como lidar com as tensões entre Ciência e Religião manifestada por seus estudantes, trabalhando suas semelhanças e diferenças e, principalmente, evitando tratar apenas da “visão científica consensual”, sem levar em conta as visões religiosas desses estudantes.

Outros pesquisadores (JUNQUEIRA; MAXIMIANO, 2011; TEIXEIRA; FREIRE; EL-HANI, 2009; ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA, 2016a; MARTIN-DUNLOP, 2013) relataram a evolução de concepções da NdC ocorridas a partir de diferentes tipos de intervenções didáticas. O trabalho de Junqueira e Maximiano (2011) acompanhou uma disciplina de Ensino de Química que tinha como um dos módulos um estudo teórico sobre Filosofia, Epistemologia e concepções de natureza do conhecimento. O módulo contou com cinco aulas, sendo a primeira delas sobre episódios históricos da Ciência e os demais estudos teóricos envolvendo a NdC. Os autores relatam que houve uma

moderada evolução nas concepções da NdC dos professores em formação e ressaltam que essa evolução ocorre de forma gradual, destacando, assim, a importância de “oferecer discussões epistemológicas pertinentes ao longo de toda a formação inicial” (p. 11). Já o estudo de Acevedo-Díaz e García-Carmona (2016a) apresenta o potencial de artigos de um jornal de grande circulação para trabalhar questões relacionadas à NdC. A intervenção foi realizada em uma disciplina de ensino de Ciências, utilizando um número reduzido de aulas. Os autores concluem que a leitura de artigos de jornal com conteúdo científico pode ser um recurso didático apropriado para favorecer a compreensão de questões relativas à NdC e, ao mesmo tempo, pode ser usado como uma estratégia eficaz em salas de aula de Ciências. Os autores alertam, no entanto, para a necessidade de intervenções realizadas em longo prazo, em concordância com outros autores já citados.

Alonso *et al.* (2011) apresentam um estudo comparativo envolvendo a compreensão dos temas Ciência, Tecnologia e Sociedade ou Natureza da Ciência e Tecnologia a partir de dados do Projeto Ibero-Americano de Avaliação de Atitudes Relacionadas com a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade (PIEARCTS). Por meio de um questionário foi analisado o grau de compreensão da Natureza da Ciência e Tecnologia de estudantes de graduação, iniciantes e veteranos, e de professores em exercício. O estudo mostra que, de modo geral, os grupos amostrais apresentam compreensões parecidas e que os anos de estudo na universidade e a experiência como professores, de modo geral, não têm feito diferença na evolução das concepções dos grupos pesquisados. Isso representa um forte indício de que o entendimento da Natureza da Ciência pode não estar sendo valorizado na universidade.

Colagrande (2016) realizou um estudo tentando identificar como evoluíram as concepções da NdC de professores em formação em Licenciatura em Ciências a partir de uma disciplina eletiva do curso de formação. O estudo teve como objetivo investigar se, por meio de atividades com caráter explícito reflexivo, houve apropriação de aspectos da NdC e se essa apropriação poderia favorecer a interpretação de situações científicas. As atividades propostas durante as aulas tinham como objetivo permitir a reflexão de temas relacionados à NdC, tais como: o lugar da Ciência na sociedade e na vida do ser humano; o trabalho do cientista; o método científico; o papel da experimentação; e estudos sobre a Filosofia da Ciência. Ao final

da disciplina os licenciandos foram convidados a produzir uma sequência didática que incorporasse pontos da NdC trabalhados ao longo da disciplina.

Como resultado, a autora indica que ocorreu melhora em relação às concepções prévias de cada licenciando. No entanto, ela argumenta que seria necessário um tempo maior de trabalho e que essas concepções estão em constante construção e reconstrução. Em relação a como essas discussões refletiram nas propostas de sequência didática, a autora relata que os resultados são particulares para cada sujeito de pesquisa. Alguns foram capazes de propor sequências didáticas que incorporaram alguns aspectos reflexivos da NdC e outros, apesar de estar presente em seus objetivos, não os incorporaram de forma real em sua proposta. Esses resultados, segundo a autora, mostram que a apropriação do conhecimento não ocorre ao mesmo tempo e pelos mesmos caminhos para todos. Por fim, ela ressalta a necessidade de que esses estudos sejam recorrentes na formação dos professores.

Azevedo e Scarpa (2017) realizaram uma revisão sistemática de artigos que tratavam de concepções da NdC. As autoras consideraram periódicos pertencentes à lista *Web Qualis* 2013 com foco em Educação ou em Ensino, cujo estrato variasse entre A1 e B3. As autoras identificaram que os principais focos de pesquisa envolviam o levantamento de concepções de professores da Educação Básica, de professores em formação e de estudantes, e, em menor número, a análise de materiais didáticos. Azevedo e Scarpa (2017) identificaram também, nos artigos encontrados, uma reflexão de alguns autores sobre “a real necessidade de incluir conteúdos da NdC nos currículos sem que haja a explicitação de suas contribuições para o desenvolvimento do indivíduo e para a sociedade”), e defendem que essa inclusão deve ser realizada para promover o desenvolvimento de habilidades nos estudantes.

Azevedo e Scarpa (2017) identificaram, ainda, os principais instrumentos utilizados para identificar as concepções: questionários, entrevistas, grupos de discussão, análise de sala de aula e análise de desenhos. As autoras indicam que muitos dos instrumentos utilizados nos trabalhos analisados são alvo de críticas por apresentarem “limitações para acessar as reais concepções do foco do estudo”. Essas limitações estariam relacionadas: à interpretação das respostas, uma vez que uma mesma resposta pode ter sentidos diferentes para pessoas diferentes e que o contrário também seria válido; à possibilidade de os instrumentos terem sido

construídos de acordo com o posicionamento filosófico do pesquisador, o que não fica claro para os sujeitos da pesquisa; e, ainda, ao fato de que os respondentes podem ter dificuldade para interpretar as questões. A revisão sistemática realizada pelas autoras oferece uma visão ampla e completa das principais características e limitações das pesquisas sobre concepções da NdC e, apesar de não focar exclusivamente na formação de professores, apresenta um panorama das pesquisas nessa área.

Os resultados das pesquisas discutidas até o momento são semelhantes aos apontados por Quadros *et al.* (2005), Catani, Bueno e Sousa (2000) e Freitas e Villani (2002), que indicam que os professores tendem a repetir práticas tradicionais de ensino mesmo tendo contato, no curso de formação inicial, com tendências contemporâneas de ensino, como é o caso do movimento CTS e de estudos envolvendo a Natureza da Ciência. Além disso, alguns dos pesquisadores relacionados anteriormente afirmam que uma intervenção pontual não é suficiente para fazer essas concepções evoluírem. Essa realidade expõe a importância de um modelo de formação que leve o professor a perceber e refletir sobre suas crenças e dessa forma levar a uma evolução de suas concepções, não apenas sobre Natureza da Ciência, mas também “as concepções que tem sobre professor, ensino, aprendizagem, escola etc. e como elas foram construídas” (QUADROS *et al.*, 2005, p. 7).

Assim sendo, nosso trabalho foi organizado em torno de uma disciplina, cuja duração foi de um semestre letivo, e em estratégias variadas (estudo de caso histórico, estudo de caso contemporâneo e representações multimodais). Dessa forma nosso objetivo foi analisar as concepções dos professores em formação do curso em questão e verificar se houve alguma evolução a partir desses estudos.

1.6 – Enfim, qual caminho escolhemos para melhorar o entendimento de Ciência?

Na tentativa de estabelecer uma visão de Ciência que irá nortear a construção deste trabalho nos deparamos com críticas às linhas de ensino da NdC mais tradicionais encontradas na literatura e algumas delas já foram explorados nas seções anteriores.

Diante dessas críticas, faz-se necessário entender como a Filosofia e a Sociologia têm tentado, ao longo dos anos, definir a Ciência. Para esclarecer o que

entendemos ser necessário para que estudantes possam ter uma visão mais ampla da Ciência, iniciamos essa análise pelos estudos de Chalmers, usando como base o livro *O que é Ciência, afinal?* (CHALMERS, 1993). Assim, apresentamos brevemente as principais correntes filosóficas analisadas por ele.

Nesse livro Alan Chalmers faz uma tentativa de buscar teorias que explicitem as fronteiras entre o que é Ciência e o que não é Ciência. Ao analisar as principais correntes da filosofia da Ciência, o autor critica a ideia de que a Ciência é baseada exclusivamente em métodos empíricos e que “há algum tipo de procedimento de inferência que nos possibilita derivar teorias científicas de modo confiável” (p. 20). Segundo o autor “não existe método que possibilite às teorias científicas serem provadas verdadeiras ou mesmo provavelmente verdadeiras” (p. 20). Segundo Chalmers

Uma reação à percepção de que teorias científicas não podem ser conclusivamente provadas ou desaprovadas e de que as reconstruções dos filósofos guardam pouca semelhança com o que realmente ocorre na Ciência é desistir de uma vez da ideia de que a Ciência é uma atividade racional, que opera de acordo com algum método ou métodos especiais. (CHALMERS, 1993, p. 20).

Para debater essa posição o autor apresenta discussões em torno do que ele chamou de indutivismo, de falsificacionismo, dos programas de pesquisa de Lakatos, os paradigmas de Kuhn, do objetivismo, da teoria anarquista do conhecimento de Feyerabend, entre outras teorias importantes. De forma breve, serão apresentadas a seguir algumas considerações sobre algumas delas, segundo a análise do próprio Chalmers, no livro citado.

O autor inicia por uma análise do indutivismo/dedutivismo. Ele chama de indutivismo ingênuo a ideia de que a Ciência começa pela observação, ou seja, de que as teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por meio da observação e de experimentos. No indutivismo, a partir de uma observação criteriosa e sem preconceitos, é possível criar afirmações, ou proposições de observação, das quais serão derivadas as leis e teorias científicas, levando em conta que, “desde que certas condições sejam satisfeitas, é legítimo *generalizar* a partir de uma lista finita de proposições de observação para uma lei universal” (p. 27).

Chalmers (1993) ressalta que esse tipo de visão é problemática, pois não é possível estabelecer o número de testes que seriam suficientes para comprovar uma afirmação, ou seja, “qualquer evidência observável vai consistir em um número finito de proposições de observação, enquanto que uma afirmação universal reivindica um número infinito de situações possíveis” (p. 42). Outra visão problemática apontada é a ideia de que a “Ciência começa pela observação” e que ela fornece uma base segura para a produção do conhecimento (p. 47). Para que essas afirmações sejam verdadeiras é necessário supor que não existem diferenças nas observações de duas pessoas distintas. Chalmers (1993) discute que as experiências, expectativas e conhecimentos do observador podem alterar sua experiência. De acordo com o autor,

dois observadores normais vendo o mesmo objeto do mesmo lugar sob as mesmas circunstâncias físicas não têm necessariamente experiências visuais idênticas, mesmo considerando-se que as imagens em suas respectivas retinas possam ser virtualmente idênticas (CHALMERS, 1993, p. 49).

Dessa forma, é necessário considerar que observadores diferentes podem ter interpretações diferentes para a mesma cena, em um mesmo local e que essas interpretações são dependentes da subjetividade e, muitas vezes, da perspectiva teórica adotada pelo indivíduo. Com isso, Chalmers deixa claro que, ao fazer uma observação, o “observador” pode já ter uma teoria implícita que o levou a escolher o que observar. Com isso, ele argumenta que a observação não é o primeiro passo de um cientista, ou seja, que a Ciência não começa necessariamente pela observação.

A segunda corrente filosófica analisada por Chalmers foi o falsificacionismo. Essa corrente, que tem como um dos principais teóricos Karl Popper, abandona a ideia de que a Ciência produz conhecimento verdadeiro que possa ser comprovado pela observação. Além disso, ele considera que “a observação é orientada pela teoria e a pressupõe” (CHALMERS, 1993, p. 65). Nessa perspectiva,

As teorias são interpretadas como conjecturas especulativas ou suposições criadas livremente pelo intelecto humano no sentido de superar problemas encontrados por teorias anteriores e dar uma explicação adequada do comportamento de alguns aspectos do mundo ou universo. Uma vez propostas, as teorias especulativas devem ser rigorosa e inexoravelmente testadas por observação e experimento (CHALMERS, 1993, p. 65).

Na perspectiva do falsificacionismo a Ciência é um conjunto de hipóteses que são propostas experimentalmente e usadas para explicar algum aspecto do mundo. Para que uma dessas hipóteses seja válida ela necessariamente precisa ser falsificável,

ou seja, precisa ser rigorosamente testada e sobreviver a esses testes. Com isso, o conhecimento científico é corroborado pela experiência (CHALMERS, 1993). Entendemos, então, que Popper defendia a ideia de que um conhecimento, para ser científico, teria necessariamente que ser testado e não ser refutado. Ao que parece, a ênfase na experimentação – de pessoas que afirmam ser a Química uma Ciência experimental, por exemplo – tem suas origens nas ideias de Popper. Ele aponta que, a partir dessa perspectiva, a aceitação de teorias científicas é sempre provisória, ou seja, não é possível atestar que uma teoria será sempre válida. Embora o falseamento não garanta que uma teoria será sempre válida, caso ela seja falseada ela será abandonada em definitivo.

Como já aconteceu com o indutivismo/dedutivismo, Chalmers (1993) apresenta críticas ao falsificacionismo ao considerar que as proposições de observações podem ser falíveis. De acordo com o autor,

é precisamente o fato de as proposições de observação serem falíveis, e sua aceitação apenas experimental e aberta à revisão que derruba a posição falsificacionista. As teorias não podem ser conclusivamente falsificadas porque as proposições de observação que formam a base para a falsificação podem se revelar falsas à luz de desenvolvimentos posteriores (CHALMERS, 1993, p. 95).

Para defender sua visão, Chalmers (1993) cita alguns exemplos históricos de teorias vigentes que não puderam ser testadas e mesmo assim não foram abandonadas. Ou seja, elas não eram falsificáveis e, mesmo assim, foram consideradas científicas. De acordo com a visão de Popper, se uma teoria não pudesse ser testada, então ela não seria científica. Um exemplo seria a Psicanálise de Freud, assim como outras teorias envolvendo o comportamento humano. Ao analisarem o problema da cientificidade da Psicanálise Sisson e Winograd (2010) afirmam que ela, segundo Popper,

... não poderia constituir-se enquanto uma [Ciência] porque simplesmente não atende aos critérios lógicos estabelecidos como necessários a toda teoria científica, a saber, possuir uma estrutura tal que permita a possibilidade de tal teoria ser provada errada, ou seja, ser “falsificável” (SISSON; WINOGRAD, 2010, p. 74).

Portanto, a teoria psicanalítica, que tem a pretensão de explicar acontecimentos do psiquismo humano, não pode ser refutada ou não é falsificável, mas tem o status de teoria científica. Com isso, a delimitação usada por Popper para o

que é e o que não é Ciência é bastante limitada. A partir dos argumentos apresentados por Chalmers (1993) entendemos que as visões indutivistas e falsificacionistas podem ser consideradas ingênuas, pois, não apresentam relatos compatíveis nem com a realidade histórica das teorias científicas nem com a complexidade envolvida em sua construção.

A terceira corrente analisada por Chalmers foi a Metodologia dos Programas de Pesquisa, proposta por Imre Lakatos. Ao considerar os relatos indutivistas e falsificacionistas insuficientes para explicar a Ciência, Chalmers (1993) discute a ideia das teorias científicas como uma “espécie de todo estruturado” (p. 110), apresentando dessa forma as metodologias dos programas de pesquisa de Lakatos. Para Lakatos um programa de pesquisa se baseia em seu *núcleo irredutível*, ou seja, as “suposições básicas subjacentes ao programa que não podem ser refutadas” (p. 112) e é protegido por um “cinturão de hipóteses auxiliares” (p. 112), que pode ser modificado ou ampliado, caracterizando dessa forma a *heurística negativa*.

A heurística negativa de um programa é a exigência de que, durante o desenvolvimento do programa, o núcleo irredutível deve permanecer intacto e sem modificações. Qualquer cientista que modifique este núcleo optou por sair deste programa de pesquisa específico (CHALMERS, 1993, p. 115).

A *heurística positiva*, por sua vez, orienta aquilo que deve ser desenvolvido no programa de pesquisa, ou seja, aquilo que deve ser modificado no cinturão de hipóteses auxiliares. Segundo Lakatos e Musgrave (1979) a heurística positiva consiste em hipóteses sobre como mudar e desenvolver as variantes refutáveis do programa, sendo, dessa forma, flexível, enquanto a heurística negativa não é flexível (LAKATOS; MUSGRAVE, 1979). Nessa perspectiva, para se qualificar como um programa de pesquisa ele deve ser avaliado de duas formas: ele deve permitir pesquisas futuras e também deve levar à descoberta de novos fenômenos.

Nessa perspectiva, podem existir programas rivais, dos quais vai se “manter” como científico aquele que fizer a Ciência evoluir mais, ou seja, que tiver mais hipóteses para serem testadas, o que vai originar novos conhecimentos. O programa que se tornar mais forte passa a ser o aceito pela comunidade científica.

A quarta corrente analisada por Chalmers (1993) foi a *Estrutura das Revoluções Científicas*, de Thomas Kuhn. Como uma das características mais importantes de seu

trabalho, Kuhn enfatiza o “caráter revolucionário do progresso científico e o papel das características sociológicas da comunidade científica” (CHALMERS, 1993, p. 124). Na visão de Kuhn a Ciência progride da seguinte forma: “pré-Ciência – Ciência normal – crise-revolução – nova Ciência normal – nova crise” (p. 125). Ou seja, uma atividade desorganizada que precede a Ciência pode se tornar estruturada, na medida em que se mostra como uma explicação consistente, e dessa forma torna-se um paradigma. “Um paradigma é composto de suposições teóricas gerais e de leis e técnicas para a sua aplicação adotadas por uma comunidade científica específica” (p. 125). Com isso, os cientistas que trabalham com paradigmas praticam o que Kuhn chama de *Ciência normal*. A Ciência normal está envolta em um paradigma, que é o modelo aceito por aquela comunidade científica. Se essa comunidade se deparar com falsificações que tornem o modelo inviável, será instalado um estado de crise. A resolução dessa crise se dá com um novo paradigma ao qual os membros daquela comunidade irão aderir. Essa mudança de paradigma se configura no que Kuhn chama de Revolução Científica (CHALMERS, 1993, p. 125).

Em uma discussão sobre racionalismo e relativismo Chalmers (1993) argumenta haver um conflito entre as teorias de Kuhn, que ele considera relativista, e as de Lakatos, que considera racionalista. Chalmers chama de racionalismo a adoção de critérios únicos, atemporais e universais como referência para julgar méritos de teorias científicas. Nas palavras do autor,

O racionalista acha a distinção entre a Ciência e a não-Ciência fácil de compreender. São científicas apenas aquelas teorias capazes de ser claramente avaliadas em termos do critério universal e que sobrevivem ao teste. [...] O racionalista típico aceitará como evidência que se deva dar um alto valor ao conhecimento desenvolvido segundo o critério universal. Ainda mais se compreender o processo como meio de se chegar à verdade. A verdade, a racionalidade e a Ciência, portanto, são vistas como sendo intrinsecamente boas. (CHALMERS, 1993, p. 139).

Para o relativista não existe “um padrão de racionalidade universal não-histórico” (p. 139) que possa ser usado para julgar teorias conflitantes. Logo, o que será considerado melhor ou pior dependerá do indivíduo ou da comunidade que faz esse julgamento. Chalmers (1993), explica a posição do relativista:

As decisões e as escolhas feitas por cientistas ou grupos de cientistas serão governadas por aquilo a que aqueles indivíduos ou grupos atribuem valor. Em uma dada situação não há um critério universal que dite uma decisão logicamente convincente para o cientista “racional”. Uma compreensão das

escolhas feitas por um cientista específico requererá uma compreensão daquilo que o cientista valoriza e envolverá uma investigação psicológica, enquanto as escolhas feitas por uma comunidade dependerão daquilo que ela valoriza e uma compreensão destas escolhas envolverá uma investigação sociológica (CHALMERS, 1993, p. 140).

Com isso, os critérios que o relativista usa para julgar a validade de teorias científicas passa por seus valores, suas crenças e pelo sistema teórico adotado. Nessa perspectiva, o relativista negará a crença de que a Ciência é uma forma de conhecimento superior às outras, mesmo que ele confira alto valor ao conhecimento científico.

Considerando que nenhuma das quatro correntes analisadas foi capaz de delimitar a Ciência da não-Ciência, Chalmers (1993) passou a analisar a teoria anarquista do conhecimento de Feyerabend, segundo o qual é impensável considerar que a Ciência pode ser explicada por meio de poucas regras metodológicas simples. Portanto, ele se posiciona contra a “validade universal de qualquer regra”, sendo que a única regra que sobrevive é o “vale-tudo” (p. 161), ou seja, o cientista não deve ser restringido às regras metodológicas.

Dada a complexidade de qualquer situação realista dentro da Ciência e a impossibilidade de previsão do futuro naquilo que se refere ao desenvolvimento da Ciência, não é razoável esperar uma metodologia que dita que, dada uma situação, um cientista deve adotar a teoria A, rejeitar a teoria B ou preferir a teoria A à teoria B. Regras tais como “adote aquela teoria que recebe o máximo de apoio indutivo dos fatos aceitos” e “rejeite as teorias que são incompatíveis com os fatos geralmente aceitos” são incompatíveis com aqueles episódios da Ciência comumente considerados como suas fases mais progressivas (CHALMERS, 1993, p. 161).

No entanto, não se deve interpretar o “vale tudo” de forma muito ampla, ou seja, para se fazer uma contribuição para a Ciência não é necessário estar familiarizado com as metodologias da Ciência contemporânea, mas sim estar familiarizado com aspectos da própria Ciência.

Outro conceito importante é o de incomensurabilidade. Para Chalmers “os sentidos e interpretações dos conceitos e as proposições de observação que os empregam dependerão do contexto teórico em que ocorram” (CHALMERS, 1993, p. 163). Os princípios fundamentais de duas teorias rivais podem ser tão diferentes que não podem ser formulados conceitos básicos de uma teoria em termos da outra. Dessa forma, não se pode comparar logicamente teorias rivais, uma vez que elas são incomensuráveis. Um exemplo apresentado por Chalmers (1993) é o da relação entre a

mecânica clássica e a teoria da relatividade. Na primeira os objetos apresentam forma, massa e volume e podem ser mudados por interferência física. Na segunda as propriedades de forma, massa e volume já não existem mais, pois tornam-se relações entre os objetos e um quadro de referências e podem ser mudadas sem interações físicas. Com isso, “as duas teorias são incomensuráveis e não podem ser comparadas através de suas consequências lógicas” (CHALMERS, 1993, p. 164). No entanto, isso não significa que não possam ser de alguma forma comparadas.

Uma das maneiras de comparar um tal par de teorias é confrontar cada uma delas com uma série de situações observáveis e manter um registro do grau em que cada uma das teorias rivais é compatível com aquelas situações, interpretadas em seus próprios termos. (CHALMERS, 1993, p. 166)

Sob a ótica das teorias incomensuráveis de Feyerabend, muitas vezes a escolha de um cientista em trabalhar com uma determinada teoria “envolve fatores externos”, como carreira, verbas de pesquisa, oportunidades e outras (CHALMERS, 1993, p. 182).

Outra importante discussão feita por Feyerabend e analisada por Chalmers (1993) é a ideia de que a Ciência não é necessariamente superior a outras áreas do conhecimento.

Feyerabend não está preparado para aceitar como necessária a superioridade da Ciência sobre outras formas de conhecimento. Além do mais, à luz de sua tese sobre a incomensurabilidade, ele rejeita a ideia de que poderá existir um argumento decisivo a favor da Ciência sobre outras formas de conhecimento não comensuráveis com ela. Caso se deva comparar a Ciência com outras formas de conhecimento, será necessário investigar a natureza, objetivos e métodos da Ciência e destas outras formas de conhecimento (CHALMERS, 1993, p. 183).

Fatores tais como a validade universal e a objetividade fazem com que olhemos para a Ciência como uma forma de explicação superior para os fenômenos do mundo. No entanto, vários pesquisadores, a exemplo de CUPANI (2008) e MENDES e MÜLLER (2020), têm alertado, assim como Feyerabend, que a Ciência é uma das formas de explicar a natureza.

Outro conceito importante presente na obra de Feyerabend é a noção de liberdade do indivíduo. Ao negar a existência de um método científico e a superioridade da Ciência sobre outras formas de conhecimento, Feyerabend reforça uma visão anarquista, pois, ao mesmo tempo em que “ele encoraja a liberdade dos indivíduos de escolher entre a Ciência e outras formas do conhecimento” (CHALMERS,

1993, p. 185), no meio científico a liberdade dos indivíduos é encorajada pela remoção das restrições metodológicas. De acordo com Chalmers,

Na imagem que Feyerabend faz de uma sociedade livre a Ciência não terá preferência sobre outros tipos de conhecimento ou outras tradições. Um cidadão maduro em uma sociedade livre é “uma pessoa que aprendeu a se decidir e *decidiu* a favor daquilo que considera mais adequado para si”. (CHALMERS, 1993, p. 186).

A partir disso, Chalmers (1993) reflete sobre o real poder de escolha de um indivíduo na sociedade ao argumentar que esse poder está atrelado “à sua posição na estrutura social” (p. 186). Ou seja, a liberdade de escolha é limitada pelo contexto social e pelas situações vividas. No caso do cientista, a disponibilidade de instrumentos e investimentos, as pessoas que o cercam, o local onde vive, entre outros fatores podem constituir restrições a essa liberdade. Com isso, Chalmers (1993) apresenta sua crítica a essa visão, pois considera que somente têm essa liberdade aqueles que têm condições sociais que os favoreçam, ou seja, “caso seja adotado este ponto de vista, é provável que ele conduza a uma situação em que aqueles que já têm o acesso ao poder o retenham” (p. 173).

Finalmente, após analisar diversas linhas filosóficas que buscam delimitar o que é Ciência e o que não é Ciência, Chalmers (1993) apresenta sua própria conclusão. Segundo o autor, não existe uma única categoria de Ciência que englobe as diferentes áreas do conhecimento. Para Chalmers (1993)

os filósofos não têm recursos que os habilitem a legislar a respeito dos critérios que precisam ser satisfeitos para que uma área do conhecimento seja considerada aceitável ou “científica”. Cada área do conhecimento pode ser analisada por aquilo que é. Ou seja, podemos investigar quais são seus objetivos – que podem ser diferentes daquilo que geralmente se consideram ser seus objetivos – ou representados como tais, e podemos investigar os meios usados para conseguir estes objetivos e o grau de sucesso conseguido (CHALMERS, 1993, p. 212)

Chalmers nega que exista um critério único absoluto para avaliar e julgar teorias e também nega que exista um conceito de verdade. Nesse sentido, o autor adota uma posição relativista. Em suas palavras: “cada área do conhecimento deve ser julgada pelos próprios méritos, pela investigação de seus objetivos e em que extensão é capaz de alcançá-los” (CHALMERS, 1993, p. 212). Ao considerar que não existe um critério, Chalmers foi criticado pela comunidade científica, uma vez que seu trabalho

desconstrói as correntes vigentes, mas não apresenta alternativas a elas (CHALMERS, 1997).

A partir das considerações de Chalmers percebemos as limitações existentes nas diversas linhas filosóficas que tentaram delimitar o que é do que não é Ciência. Optamos, então, por outra reflexão de Chalmers (1993), ao defender que “cada área do conhecimento pode ser analisada por aquilo que é” (p. 212).

Embora Chalmers (1993) não trate de uma corrente filosófica bastante adotada por pesquisadores do campo de Ensino de Química, decidimos abordar, ainda que brevemente, os estudos de Gaston Bachelard, que ficou conhecido como o filósofo da desilusão. Bachelard destacou a primazia conferida ao erro e à retificação na construção do conhecimento científico. É dele o estudo dos obstáculos epistemológicos para o desenvolvimento da Ciência. Para ele, a visão que o pesquisador tem da Ciência interfere no seu desenvolvimento. Não vamos nos aprofundar nos estudos desse filósofo, mas vale lembrar que ele destacou que “somos o limite das nossas ilusões perdidas” (BACHELARD, 1970 *apud* LOPES, 1996). Nesse tentar entender aspectos da filosofia da Ciência, essa frase se torna muito presente, pois quanto mais nos aprofundamos no assunto, mais percebemos o nosso próprio “não saber”, ou seja, o quanto estávamos (e ainda estamos) iludidos em relação ao que sabíamos. É nesse contexto que se insere o termo “filósofo da desilusão”.

Como ainda não dissemos a qual “corrente” podemos nos aproximar para levar para a sala de aula um conhecimento mais elaborado da própria Ciência, continuamos a nossa busca pelo “entender Ciência a partir do fazer Ciência”. Esse “entender a partir do fazer” está presente em duas linhas às quais temos certa aproximação: os estudos de **Bruno Latour** e os de **David C. Gooding**. Assim, dirigimos o nosso olhar para esses dois pesquisadores.

Partimos, então, das reflexões propostas por Bruno Latour. Latour é um pesquisador que dirigiu sua pesquisa para a análise do trabalho de cientistas e engenheiros e tem contribuições nas áreas de Filosofia, História, Sociologia e Antropologia da Ciência. Além disso, colaborou em muitos estudos envolvendo política científica e gerenciamento de pesquisas.³ Bruno Latour acompanhou, por dois anos (de

³ Informações biográficas disponíveis no *site* pessoal do autor. <http://www.bruno-latour.fr/biography.html>

1975 a 1977), o cotidiano do laboratório do professor Roger Guillemin, Prêmio Nobel de Medicina em 1978, no Instituto Salk, de San Diego, Califórnia, EUA (LATOURE; WOOLGAR, 1997). Essa experiência deu origem a um de seus trabalhos mais relevantes: o livro *Vida de Laboratório – a produção dos fatos científicos*, escrito em parceria com Steve Woolgar e publicado em 1997.

Segundo Latour e Woolgar (1997) sua pesquisa teve como objetivo desenvolver um estudo etnográfico que permitisse “aproximar-se da Ciência, contornar o discurso dos cientistas, familiarizar-se com a produção dos fatos e voltar-se sobre si mesma” (p. 26). Assim, ganha centralidade na obra a observação direta do trabalho científico e é nesse ponto que ela se distancia dos estudos de natureza historiográfica e sociológica.

Segundo Latour e Woolgar (1997)

Para dar independência às análises da Ciência, é necessário, pois, não se basear unicamente no que os pesquisadores e descobridores dizem de si mesmos. Mas, devem tomar-se o que os antropólogos chamam de “informantes”, certamente informantes privilegiados, mas sempre informantes de quem se dúvida (p. 19-20).

De acordo com os autores, com essa intenção surgiram estudos sociológicos que visavam entender melhor o funcionamento das “instituições científicas, a concorrência entre os pesquisadores e a evolução das disciplinas” (p. 20). No entanto, apesar desses esforços, de acordo com Latour e Woolgar (1997), esses estudos

mantêm intacto o quebra-cabeça antropológico que queremos resolver. Na verdade, essa literatura chega a ser um impasse com relação ao conteúdo científico, ou, o que dá no mesmo, ela isola a “dimensão cognitiva” dos “fatores sociais” que a circundam (p. 20).

Já a abordagem da história da Ciência apresenta melhor o estabelecimento de “um laço estreito entre a prática dos pesquisadores e os objetos que eles produzem” (p. 20). No entanto, na visão dos autores, a história da Ciência ainda é muito tímida e “não passa de uma roupagem da história das ideias, quiçá da epistemologia” (p. 21).

Com isso, o proposto por esses autores se aproxima da tese fundamental do Programa Forte proposto por David Bloor, pesquisador que desenvolveu uma abordagem sociológica sobre o estudo das Ciências e chamou de “programa forte” a sociologia do conhecimento que investiga e explica o conteúdo e a natureza do conhecimento científico (MASSONI; MOREIRA, 2020). Como explicam Massoni e Moreira (2020), na perspectiva de Bloor o programa forte se baseia em quatro princípios fundamentais: a sociologia do conhecimento deverá ser **causal**, ou seja,

“interessada nas condições que ocasionam as crenças ou os estados de conhecimento”; deverá ser **imparcial** “com respeito à verdade e à falsidade, racionalidade e irracionalidade, sucesso e fracasso”; deverá ser **reflexiva**, ou seja, “seus padrões de explicação terão que ser aplicáveis, a princípio, à própria Sociologia” E por fim, deverá ser **simétrica** em seu estilo de explicação (MASSONI; MOREIRA, 2020, p. 4). Sobre simetria, Latour e Woolgar (1997) fazem a seguinte colocação:

Fazer sociologia para compreender por que os franceses acreditam na astrologia, mas não para compreender por que eles acreditam na astronomia, isso é assimétrico. Fazer sociologia para entender o medo que os franceses têm do átomo, mas não fazê-la para a descoberta do átomo pelos físicos nucleares, isso é assimétrico. (LATOUR; WOOLGAR, 1997, p. 23).

Latour e Woolgar (1997) explicam que o princípio da simetria compõe a base moral de seu trabalho. Eles afirmam que “é ela que nos dá coragem para analisar detalhadamente a produção do verdadeiro” (p. 23). Segundo os autores o trabalho de campo realizado por eles é “duas vezes simétrico: aplica-se ao verdadeiro e ao falso, esforça-se por reelaborar a construção da natureza e da sociedade” (p. 24). Latour e Woolgar (1997) apresentaram, dessa forma, uma observação que utiliza os pesquisadores como informantes e que “não se contenta em tratar dos erros ou dos trâmites de suas condutas, mas esforça-se para mostrar, por meio de explicações simétricas, por que, muitas vezes, eles estão certos” (p. 25).

Apropriamo-nos da obra de Latour e Woolgar (1997) pelo fato de ela não apenas compreender a Ciência como construção humana, mas compreender quais são as práticas, procedimentos e estratégias que decorrem da prática científica (KROPF; FERREIRA, 1998). Nesse sentido, a construção do fato científico envolve negociação por parte dos cientistas, que se valem de estratégias de persuasão. O argumento central proposto por Latour e Woolgar (1997) é que a Ciência não é distinta de outras práticas sociais e que os cientistas utilizam técnicas persuasivas para garantir que seus postulados sejam aceitos (KROPF; FERREIRA, 1998).

Com isso, concordamos com a ideia de que a Ciência deve ser compreendida a partir de sua própria prática, do fazer científico. Compreender como cientistas trabalham e como o conhecimento científico é produzido com base em uma perspectiva mais prática também pode ser importante para desenvolver visões mais

completas da Ciência. Outra reflexão necessária é o entendimento de que a Ciência influencia a sociedade e, igualmente, é por ela influenciada.

Ainda na busca de entender a Ciência voltamos nosso olhar para o trabalho de David C. Gooding, que foi professor de História e Filosofia da Ciência e diretor do Centro de Estudos em Ciência (*Science Studies Center*) da Universidade de Bath, no Reino Unido. Esse autor se dedicou a entender o papel da visualização, da inferência, da comunicação e da criatividade no fazer científico e se tornou um grande especialista na obra de Michael Faraday. Em seus trabalhos Gooding não apresenta uma discussão explícita da Natureza da Ciência, mas traz importantes entendimentos de como cientistas produzem conhecimento.

Em sua obra, Gooding (2004b; 2010) busca compreender como cientistas utilizam a visualização para criar e manipular imagens e como essas imagens auxiliam na construção de ideias e significados para os fenômenos, que são, depois, comunicados. O autor apresenta exemplos que “ilustram como os cientistas interpretam e explicam fenômenos, manipulando ativamente aquelas características do mundo que se prestam a representações estruturais e vice-versa” (GOODING, 2004b). Segundo Gooding (2004b), as representações facilitam o processo científico na descoberta e desenvolvimento de novas explicações, pois a compreensão é melhorada quando podemos visualizar um novo fato aproximando-o de elementos familiares. Ao mesmo tempo, as representações são também cruciais para a comunicação externa das ideias científicas.

A capacidade de criar e manipular representações visuais são habilidades cognitivas adquiridas quando um cientista se torna um participante experiente⁴ nos métodos que definem um domínio específico. Em áreas como a Físico-Química e a Biologia, as técnicas de modelagem visual são tão importantes que a apresentação dos livros é orientada pela adoção de novas tecnologias de imagem. Em outros, como a Física, as habilidades de visualização são essenciais para as técnicas matemáticas e de modelagem e geralmente são aprendidas implicitamente junto com elas. Essas habilidades são aprendidas por exemplo – vendo como os modelos são construídos, usados, avaliados e refinados por um grupo. Isso requer participação ativa nas práticas do grupo (GOODING, 2010, p. 15, tradução nossa).

O autor analisa uma série de trabalhos científicos para entender como os cientistas manipulam esse tipo de recurso. Foram analisados trabalhos em que cientistas utilizam técnicas de visualização e representações para reconstrução de

⁴ Termo do texto original é “*accomplished participan*” que foi traduzido para “*participante experiente*”.

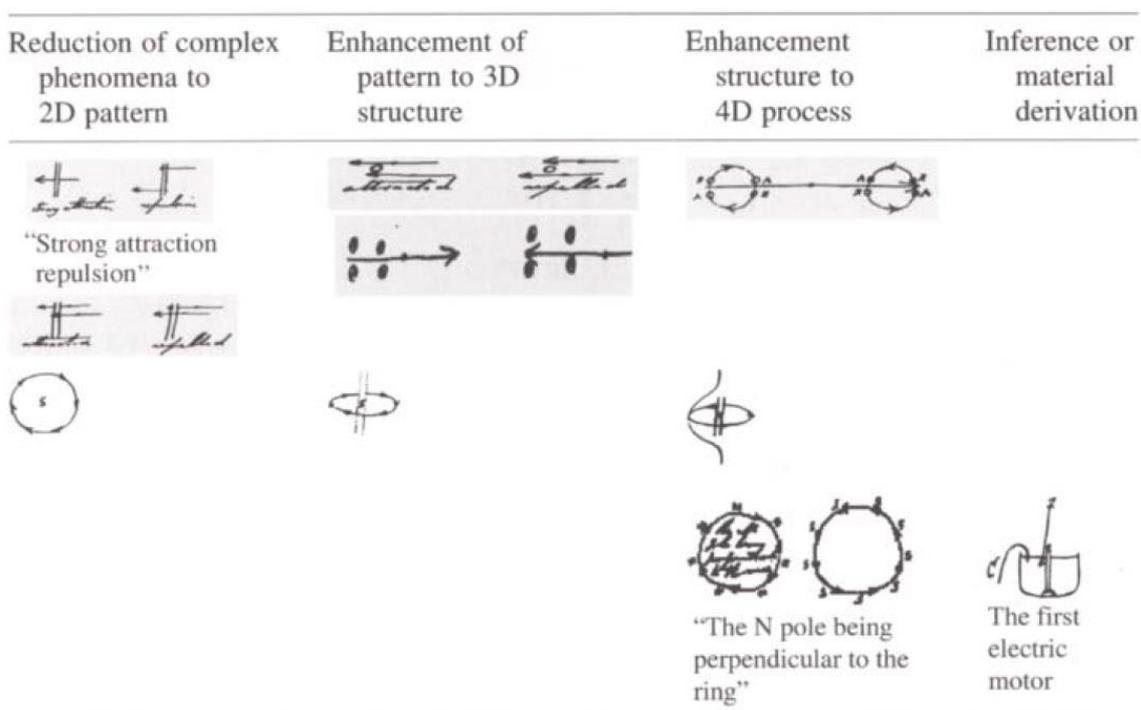
fósseis, distribuição enzimática em estruturas de fígado de ratos, análise de estruturas moleculares utilizando difração de raios X, entre outras.

Como exemplo, o autor apresenta os manuscritos de Michael Faraday (cedidos pela família do cientista) que mostram que as imagens ali dispostas faziam parte do raciocínio visual de Faraday e que continham um acúmulo de conhecimento prático e teórico (GOODING, 2004a).

Os manuscritos analisados por Gooding (2004a) englobam uma mistura de esboços, diagramas e textos e eram uma parte importante do trabalho de Faraday. Ao que parece, era característico no trabalho do cientista o uso de padrões, estruturas e processos e claramente pode ser percebido que existia um padrão de raciocínio visual por aprimoramento e redução dimensional (GOODING, 2004a, p. 15).

A Figura 1 apresenta uma sequência de esboços de padrões de orientação de uma agulha ao redor de um fio, na qual cada esboço incorpora e resume um conjunto complexo de operações e observações feitas por Faraday

Figura 1 – Raciocínio visual por aprimoramento e redução dimensionais para descoberta do motor elétrico



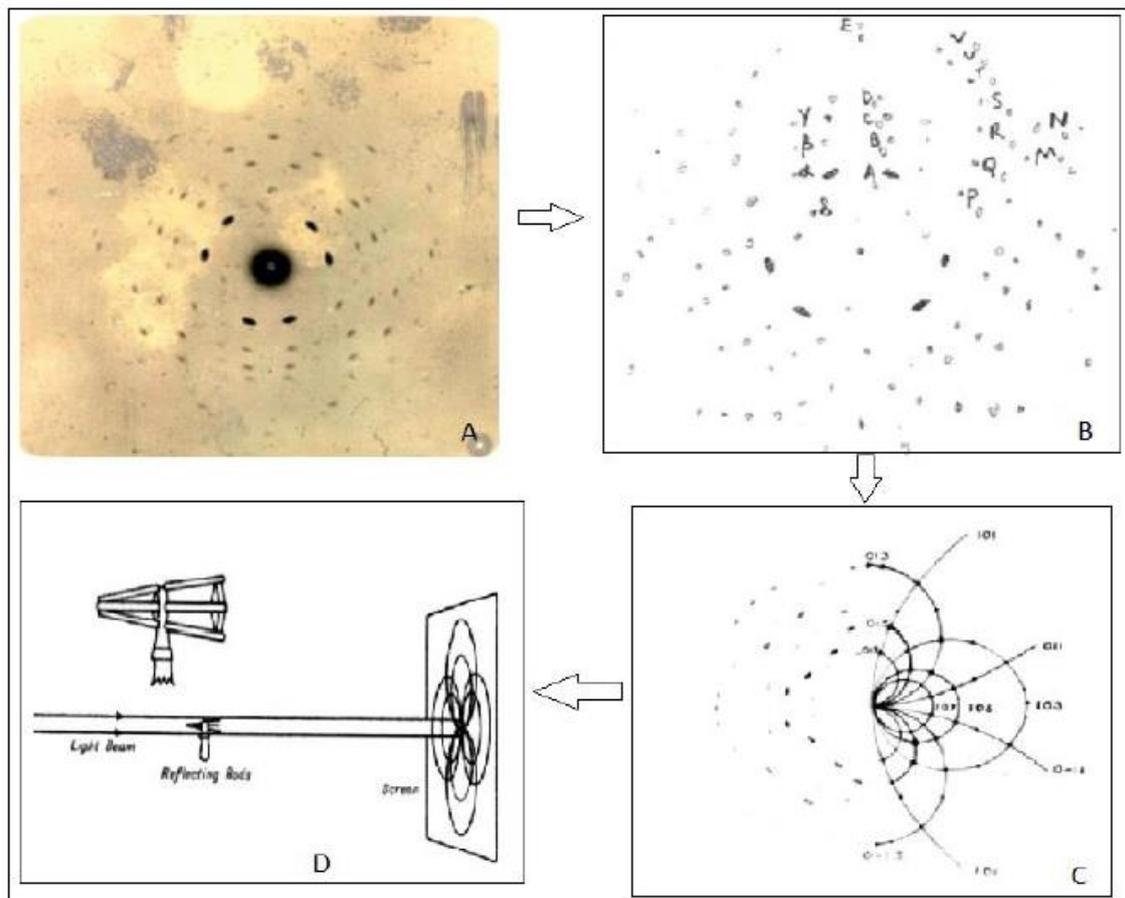
Fonte: GOODING, 2004a, p. 18.

De acordo com Gooding (2004a) as imagens feitas por Faraday apresentam a redução de fenômenos complexos para uma abstração padronizada e, também, para um aprimoramento dimensional, nos casos em que os esboços passam de duas para

três dimensões. Como inferência construída a partir desses esboços, Gooding (2004a) afirma ser o final dessas representações (Figura 1) o primeiro dispositivo para produzir movimento eletromagnético contínuo, ou seja, um esboço do motor elétrico desenvolvido por Faraday.

Gooding (2010) exemplifica, também, uma representação visual que foi construída a partir da interpretação de uma imagem. A Figura 2 sintetiza essa construção.

Figura 2 – Imagens e representação de um cristal. Fonte: Gooding (2010, p. 17-18)



Fonte: GOODING, 2004a, p. 18.

Na Figura 2 vemos uma fotografia de um cristal simples feita por W. L. Bragg, usando um padrão de difração de raios X (A). Em seguida está um desenho feito a partir da fotografia de Bragg, o qual apresenta um conjunto de pontos feitos a partir das manchas encontradas nessa fotografia (B). Em seguida foi gerado um diagrama a partir dos pontos marcados no desenho (C), ou seja, a partir de um desenho 2D foi feita a representação de uma estrutura 3D de difração de raio X. Por fim, é

apresentado o modelo físico (D) “que demonstra como a difração pode produzir os padrões elípticos que correspondem às posições dos pontos nas fotografias de raios X” (p. 18).

De acordo com Gooding (2010) a fotografia (A) é uma imagem que por si só não representa nada científico. A colocação da rotulagem, das marcações e das legendas nas representações transformam a imagem em objeto científico (B, C e D).

Segundo o autor

as abstrações diagramáticas movem o olho e a mente de uma fonte visual mal interpretada para uma construção significativa de imagem e palavra que combina formas pictóricas, verbais, numéricas e simbólicas. Tais ‘movimentos’ da imagem para a representação são motivados por dois objetivos principais da Ciência: o desejo de entender e o de comunicar esse entendimento (GOODING, 2010, p. 17, tradução nossa).

Gooding (2010) aponta que nos exemplos de visualizações os cientistas utilizam uma grande variedade de representações e uma rápida migração entre elas. O autor argumenta que esse uso “indica a existência de uma abordagem comum ao uso de imagens nas Ciências” (p. 33). Ele identificou, em seu estudo, o uso de interpretação de dados, construção, expansão, validação e testes de modelos, como os vários tipos de soluções de problemas que os cientistas utilizam. Gooding (2010) completa que “o pensamento baseado em imagem estimula a demanda por representações e ajuda os cientistas a interpretar e validar imagens e dados, produzindo novas técnicas de visualização” (GOODING, 2010, p. 33).

Gooding (2010) defende que existe uma conexão entre aspectos cognitivos, sociais e tecnológicos, “mostrando como as inferências produtoras de representação conectam cada um dos contextos sobrepostos do trabalho científico” (p. 33), como o olhar pessoal do cientista, as tecnologias que medem as imagens, o domínio social da comunicação, a negociação, entre outras inferências.

O trabalho de Gooding (2004a, 2004b, 2010) apresenta exemplos de investigações que nos permitem compreender de forma mais aprofundada alguns aspectos da prática científica. Para uma pessoa que não domina a linguagem científica as imagens, gráficos, fotos e diagramas não terão o mesmo significado que para um cientista que trabalha com esses recursos. Por isso, consideramos essencial que esse tipo de trabalho com representações seja realizado em salas de aula que visam ensinar a Ciência, para que de fato o entendimento da prática do cientista facilite o

entendimento de conceitos importantes da Ciência e, principalmente, o entendimento de como a Ciência “funciona”.

Os estudos de Chalmers em torno de teorias que buscam delimitar o que é Ciência do que não é Ciência deixa claro que essa delimitação é tênue e que, portanto, a cientificidade de um dado conhecimento vai se definindo ao longo do tempo. Atualmente, a publicação de artigos em periódicos especializados tem sido uma das formas de compartilhar com a comunidade científica os “achados” de pesquisas realizadas. Há alguns índices que tentam medir a qualidade dessas publicações e a citação parece ser um definidor do impacto de uma dada publicação. Assim, poderíamos afirmar que, ao ser citado, um determinado estudo vai sendo aceito pela comunidade científica.

Os estudos de Latour fazem um esforço para entender a Ciência a partir do fazer dos cientistas e, com isso, ele identifica diversos fatores que interferem no dia a dia de um pesquisador. Além dos fatores sociais, econômicos, ambientais (do contexto) e políticos está o poder da argumentação, ou da solidez de um argumento. Os estudos de Gooding, por sua vez, mostram o raciocínio de cientistas pautado nas representações que fazem, tanto para entender os seus próprios “achados” quanto para comunicá-los.

Ao dirigirmos nosso olhar para as críticas de Chalmers (1993) às tentativas de delimitar Ciência de não-Ciência e de percebermos a importância de entender o “fazer Ciência” presente nos trabalhos de Latour e Woolgar (1997) e de Gooding (2004a, 2004b, 2010), nossa opção foi de inserir, na investigação com professores em formação, entendimentos de como a Ciência vem sendo feita, a partir de estudos de caso históricos; de como a Ciência não tem resposta para inúmeras questões, a partir de estudos de caso contemporâneos; e, ainda, como as representações informais auxiliam o cientista a pensar em representações formais e a organizar os próprios achados. Com isso, pretendemos promover uma discussão de como esses aspectos podem ser explorados quando se ensina essa Ciência.

CAPÍTULO II – UM CAMINHO POSSÍVEL: ESTUDOS DE CASO E REPRESENTAÇÕES MULTIMODAIS

Ao planejar a disciplina “Que Ciência é ensinada em sala de aula?”, a ideia era de provocar uma discussão envolvendo essa Ciência, sua produção e os fatores que interferem nessa produção. Para isso consideramos a utilização de alguns estudos de caso históricos que pudessem gerar essa discussão. Além disso, entendemos ser necessário inserir algumas questões sociocientíficas atuais que propiciassem a percepção de que a Ciência está em construção e está sujeita a dúvidas e incertezas. Para isso a inserção de estudos de caso contemporâneos se mostrou como um caminho promissor. Além disso, as representações multimodais, linha de pesquisa cujos principais representantes são os australianos Russell Tytler e Vaughan Prain (2013), está sendo defendida como uma maneira de o estudante perceber como o cientista constrói um dado conhecimento e, dessa maneira, entender aspectos da Natureza da Ciência. Assim sendo, passamos a apresentar cada uma dessas correntes que formaram a disciplina.

II.1 – O papel dos estudos de caso

“Estudo de caso” pode ter dois significados principais, distintos entre eles. É considerada uma metodologia de pesquisa e, nesse sentido, é muito referenciada nas pesquisas em Educação. De acordo com André (2013), como método qualitativo o estudo de caso se baseia em fenômenos educacionais em seu ambiente natural. Segundo Peres e Santos (2005), o caso pode se caracterizar como o estudo aprofundado de um grupo de sujeitos. No entanto, um estudo de caso pode significar, também, um método de ensino em sala de aula. Nesse texto, o estudo de caso é utilizado como um método de ensino.

O uso de estudos de caso na educação científica é derivado do método de Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem Based Learning* ou *PBL*) que teve início no curso de medicina da Universidade de McMaster, em Hamilton, Ontário (HERREID, 2003) e se difundiu para outros cursos de graduação, pós-graduação e, também, para a Educação Básica (SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007; ANDRADE; CAMPOS, 2005). O PBL refere-se a “uma metodologia desenvolvida com o intuito de possibilitar aos alunos o

contato com problemas reais, antes de alcançarem o final do curso” (SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007, p. 731). O método PBL “baseia-se no princípio do uso de problemas como ponto inicial para aquisição do conhecimento, situando a aprendizagem em problemas cotidianos” (ANDRADE; CAMPOS, 2005).

Segundo Sá, Francisco e Queiroz (2007), os estudos de caso são uma variante do método PBL e têm o objetivo de permitir ao estudante utilizar conhecimentos científicos para analisar e resolver casos complexos que simulem situações reais. Essas autoras argumentam, ainda, que os estudos de caso visam que o estudante entre em contato com uma situação-problema e que se familiarize com os personagens e situações colocadas, de forma que, utilizando conhecimentos científicos, ele possa avaliar prováveis resoluções e as consequências da situação colocada. Nas palavras de Herreid (2011), os estudos de caso são histórias com uma mensagem educacional.

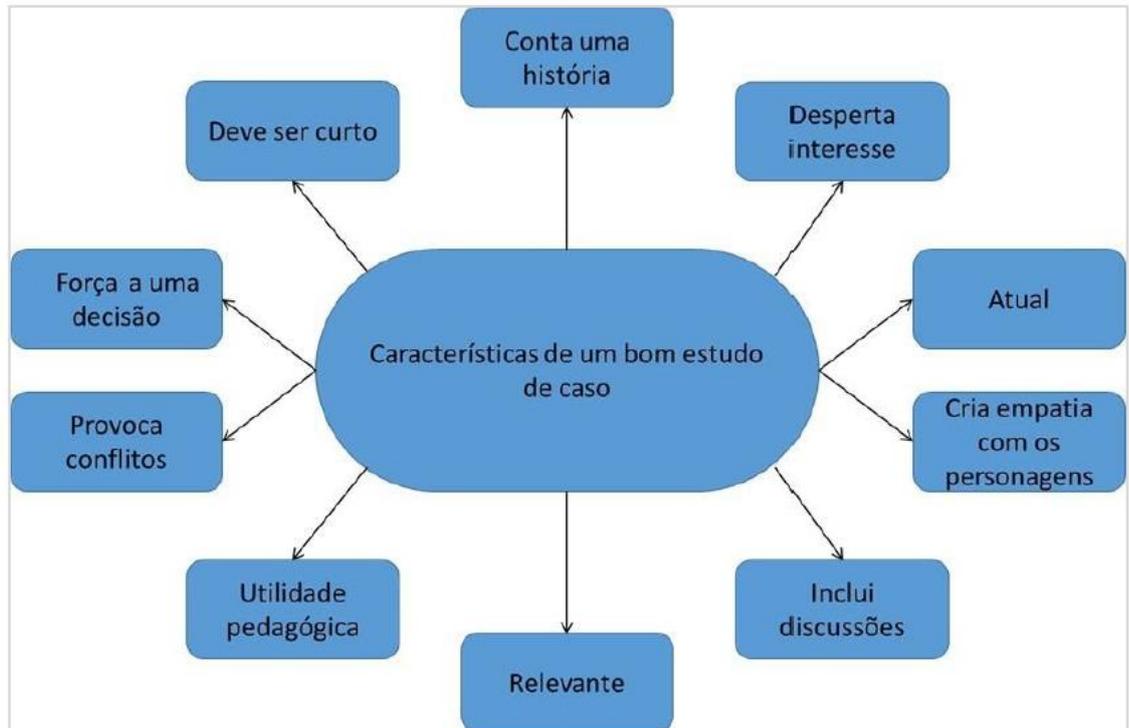
Segundo Merseth (2018) os estudos de caso fornecem ao futuro profissional a oportunidade de diagnosticar problemas específicos, reconhecer diversas influências e sugerir soluções. Para a autora,

as discussões de casos oferecem aos participantes um ambiente de investigação seguro para “experimentar” novas ideias e abordagens, sem a preocupação de que a aplicação de suas ideias não funcione, e a oportunidade de construir uma compreensão ao ouvir as interpretações e sugestões dos outros. (MERSETH, 2018, p. 13)

Herreid (1998) apresenta algumas características comuns para “bons estudos de caso” para o Ensino Superior. Essas características, apresentadas na Figura 3, podem ser úteis para a construção de casos contemporâneos a serem usados tanto em cursos de graduação quanto na Educação Básica.

Para Herreid (1998), um bom estudo de caso deve ser organizado de forma a apresentar uma história curta que desperte o interesse, que tenha começo, meio e fim, e que se relacione com as experiências do público-alvo. É importante também que seja atual para que os estudantes se sintam próximos ao caso e envolvidos na resolução do problema colocado. É sugerido também, que o caso crie empatia com os personagens centrais, pois o entendimento dos atributos pessoais dos personagens pode influenciar na decisão que os estudantes irão tomar sobre o caso e também pode torná-lo mais envolvente. A utilização de falas dos personagens é colocada pelo autor como importante para reforçar a empatia e o realismo da história.

Figura 3 – Características de um bom estudo de caso



Fonte: Adaptado de Herreid (1998)

Pensando em um caso para ser trabalhado em sala de aula, Herreid (1998) julga importante que o caso tenha utilidade pedagógica, ou seja, que proporcione aprendizagem e provoque conflitos para que os estudantes se envolvam em uma discussão. Dessa forma, o esperado é que, ao final da prática, eles tomem decisões e se posicionem em relação ao problema analisado. Outra característica importante levantada pelo autor é que o caso tenha generalidade, ou seja, tenha uma aplicabilidade mais ampla e não apenas satisfaça a curiosidade dos estudantes. O autor defende a importância de se observar essas características ao construir um estudo de caso que será utilizado em sala de aula.

Segundo Herreid (2011) os estudos de caso em aulas de Ciências podem ser usados por meio de diferentes métodos. O autor realizou um compilado dos principais métodos que são descritos na literatura e que vêm sendo usados em diferentes atividades de ensino. Os métodos estão listados no Quadro 2.

Quadro 2 – Métodos para explorar um estudo de caso em atividades educativas.

Método da Leitura	O professor assume o papel de contador de histórias. O estudante não tem um papel ativo na atividade.
Método de Discussão	O caso é apresentado e os estudantes discutem e argumentam em torno do problema.
Método dos pequenos grupos	O caso é discutido em pequenos grupos para incentivar a colaboração. Pode ocorrer uma discussão geral em que os grupos argumentam uns com os outros.
Método dos casos individuais	O caso é estudado individualmente. O caso pode ser proposto para toda a turma e cada um trabalha individualmente para desenvolver seu posicionamento.
Método das Simulações de Computador	Simulações em computador podendo ter uma duração maior. Os estudantes são apresentados a vídeos, pesquisas, simuladores de testes e escrita.

Fonte: adaptado de Herreid (2011)

O Quadro 2 mostra alguns métodos possíveis para estudos de caso, sendo esses os mais comuns na literatura. Essa variedade de possibilidades permite ao professor escolher o mais conveniente para o assunto abordado e para o grupo de estudantes que irá realizar o estudo. Os estudos de caso podem ser uma importante ferramenta para a educação científica conforme dados levantados por Herreid (2011). De acordo com as pesquisas visitadas por Herreid (2011), os estudos de caso podem desenvolver nos participantes as habilidades de argumentação, o pensamento crítico, a capacidade de conectar áreas diferentes, um maior envolvimento nas aulas, a comunicação oral e escrita, a capacidade de resolução de problemas utilizando conhecimento científico e também, o conhecimento do conteúdo específico.

Os estudos de caso também podem ser utilizados para trabalhar a História da Ciência em sala de aula, pois permitem estudar episódios da história de maneira mais realista (BALDINATO; PORTO, 2008). Passamos agora a detalhar dois tipos de estudos de caso encontrados na literatura: os estudos de caso contemporâneos e os estudos de caso históricos.

II.1.1 – Estudos de caso contemporâneos

Os estudos de caso contemporâneos ou utilizam questões atuais que estão próximas à realidade dos estudantes ou propõem estudos que podem simular uma situação real de um determinado ambiente profissional. Na literatura especializada é possível encontrar diversas propostas de estudos de caso para serem aplicados tanto

na Educação Básica quanto no Ensino Superior. A seguir apresentamos alguns exemplos.

O livro *Estudos de caso no ensino de Ciências naturais*, organizado por Queiroz e Cabral (2016), traz uma série de estudos de caso organizados para a Educação Básica. Como exemplo, citamos o estudo de caso *Palmas para sua solução* (PEREIRA; CARDINAL, 2016), que conta a história de um fazendeiro que possui uma pequena hidrelétrica em sua propriedade e, por conta da escassez de chuvas, não consegue a quantidade de energia suficiente para abastecer sua fazenda. Os estudantes devem indicar soluções para o problema do fazendeiro a partir do estudo do clima da região em que se encontra a fazenda. Segundo os autores esse caso promove o estudo de questões como escassez de chuvas e geração alternativa de energia.

Rudge *et al.* (2014) apresentam uma atividade em que os estudantes são apresentados ao caso do *Melanismo industrial*, que trata da aparição de mariposas de coloração mais escura em uma região com poluição do ar em larga escala. Os estudantes foram convidados a discutir diferentes teorias para a explicação do fenômeno.

Sá, Francisco e Queiroz (2007) construíram o caso *Ameaça no laranjal* relatando a situação de um laranjal atacado por uma praga e pedindo que os estudantes assumissem o papel de químicos e pesquisassem soluções para o problema.

Voltado para o Ensino Superior, mais especificamente para a área das engenharias, o site *Waterloo Cases em Design Engineering* (WCDE)⁵ apresenta uma vasta biblioteca de estudos de caso com o objetivo de aprimorar os currículos de engenharia da universidade. O site do projeto esclarece que os casos apresentam para os estudantes problemas de engenharia em um contexto prático, trabalhando aplicações científicas no mundo real.

Como exemplo trazemos dois casos presentes no WCDE. O primeiro é o caso *NOVA Chemicals Safety Relief* que tem o objetivo de incentivar o pensamento crítico de estudantes de Engenharia Química e de trabalhar questões de segurança em um processo de dimensionamento de válvulas de uma indústria de produção de plásticos,

⁵ Waterloo Cases in Design Engineering, disponível em: <https://uwaterloo.ca/engineering-cases/> acesso dia 02/07/2019

a NOVA Chemicals. No caso os estudantes precisam criar um projeto para resolver um problema no maquinário da indústria.

O segundo caso, intitulado *2008 Listeriosis Outbreak*, tem como objetivo analisar aspectos de segurança alimentar em um caso de contaminação bacteriana em uma indústria alimentícia dos Estados Unidos. O caso propõe um estudo com base em um programa que analisa riscos potenciais na produção de alimentos, de forma que os estudantes entrem em contato com questões práticas e situações reais que podem surgir em seu ambiente de trabalho.

Os casos são também usados em situações de ensino no campo de educação como uma alternativa para a formação de professores. O livro *Desafios Reais do Cotidiano Escolar Brasileiro* (MERSETH, 2018) apresenta uma série de estudos de caso que simulam situações reais do contexto escolar e tem como objetivo preparar professores para “os desafios e oportunidades encontrados em sala de aula” (p. 11).

O caso *Bullying em sala de aula e a postura do professor* apresenta a história de uma gestora de uma escola de Ensino Fundamental e Médio que recebeu uma denúncia de uma mãe contra uma professora que estaria praticando *bullying* contra seu filho. O caso apresenta a situação a partir da perspectiva da família da criança e da perspectiva da professora em questão. Ao final, algumas reflexões são colocadas para ajudar o leitor a refletir qual seria seu posicionamento frente à situação.

O caso *Quando professor e aluno têm visões de mundo conflitantes* conta a história de uma professora que propôs aos seus alunos uma atividade envolvendo narrativas históricas e literárias do século XIX. A professora entra em conflito com uma das estudantes que apresentou em seu trabalho uma linha de defesa com posicionamentos fascistas. Após a descrição da proposta, algumas reflexões são colocadas para ajudar o leitor a refletir qual seria seu posicionamento frente à situação.

Entendemos que o uso de estudos de caso que tratam questões contemporâneas pode ajudar a mostrar uma Ciência que está em construção e que não fornece resposta para todos os problemas e que está sujeita a erros, como toda construção humana. Dessa forma, entendemos que essa metodologia, embora existam limitações, é um importante aliado na formação de profissionais capazes de lidar com questões práticas e, principalmente, trabalhar questões sociais e culturais.

II.1.2 – Estudos de caso históricos

Outra modalidade de estudos de caso é o uso de casos históricos no ensino. Essa modalidade é importante no estudo da história da Ciência e pode contribuir para interpretar a Ciência do passado de forma mais fiel (BALDINATO; PORTO, 2008). Segundo Baldinato e Porto (2008):

Mediante análise aprofundada dos fatores de época (sociais, econômicos, religiosos, de formação e cultura dos personagens estudados etc.) e verificando as influências e inter-relações mais sutis que possam ter contribuído para a proposição de determinadas interpretações da Ciência, torna-se mais verossímil o entendimento dos processos pelos quais se constrói a Ciência dentro da história – e, talvez mais importante que isso, pode-se tentar compreender como a Ciência era pensada dentro do contexto estudado. (BALDINATO; PORTO, 2008, p. 17).

Dessa forma, pode-se pensar em estudos de caso históricos como uma forma de incorporar o estudo da História da Ciência, de forma a minimizar as simplificações e interpretações errôneas de episódios importantes da Ciência. Esse tipo de estudo pode propiciar uma visão mais ampla e complexa da construção da Ciência. Além disso, Conant (1970) defende que a familiaridade com o que foi e como foi produzido de científico ao longo da história promove um melhor entendimento sobre o que é produzido pela Ciência atual.

Irwin (2000) defende que estudos de caso históricos da Ciência são instrumentos importantes na alfabetização científica, pois podem ajudar os estudantes a compreender que a Ciência e a Tecnologia mudam com o tempo, são produtos culturais e fruto de atividades humanas e possuem dimensões éticas, criativas e afetivas. Para Baldinato e Porto (2008), o uso da história “humaniza o caminho percorrido pela Ciência”, tem a capacidade de tornar os “produtos” mais atrativos aos estudantes e coloca o enfoque nos processos científicos, o que é diferente da prática atual da maioria dos currículos de Ciências. Segundo os autores, “muitas vezes, os educadores em Ciência constroem as sequências didáticas dentro da lógica positivista de ressaltar apenas os aspectos da Ciência que historicamente prosperaram” (BALDINATO; PORTO, 2008, p. 1224).

Dessa forma, o ensino de fatos históricos envolvendo a Ciência em sala de aula é considerado importante para a alfabetização científica. No entanto, seu uso deve ser

cuidadoso de forma a evitar transmitir uma visão linear de como a Ciência produz conhecimento, pois na adaptação para sala de aula “fragmentos da história da Ciência são selecionados e fatos históricos simplificados. Essas omissões podem conduzir a uma pseudo-história e a imagens deformadas da Ciência” (ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA, 2016a, p. 207). Allchin (2004) considera importante que professores saibam distinguir entre História e pseudo-história. Por exemplo, é comum encontrar em livros didáticos a menção à Henri Becquerel como o “pai da radioatividade”, atribuindo apenas a ele a descoberta dos fenômenos radioativos. Muitos desses livros desconsideram a contribuição decisiva de Marie Curie na constatação da existência da radioatividade (MARTINS, 1990).

Allchin (2004) alerta sobre a importância de se considerar o contexto ao realizar um estudo, evitando a ideia de que algumas teorias sempre foram tidas como corretas e que ideias conflitantes são “consideradas erradas e não alternativas, num processo cego de tentativa e erro” (p. 183). Em relação ao contexto, Baldinato e Porto (2008) explicam que

um modelo historiográfico continuísta, internalista, acumulativo, que olha para o passado buscando os “precursores” das ideias científicas atuais, avaliando o pensamento de outras épocas por meio dos critérios da Ciência de hoje, não contribuirá para a construção de uma visão de Ciência condizente com os objetivos atuais do ensino. Estes se beneficiarão, por outro lado, de abordagens que contemplem a análise pontual e minuciosa de estudos de casos, a contextualização das ideias, a identificação de diferentes níveis superpostos de continuidades e rupturas, as particularidades das interpretações das várias fontes pelos cientistas, o reconhecimento da importância de outras tradições intelectuais no desenvolvimento da Ciência, bem como o impacto de outros tipos de fatores externos, de natureza psicológica e social (BALDINATO; PORTO, 2008, p. 1031).

Dessa forma, entendemos que os estudos de caso podem ser uma ferramenta importante para o estudo da Ciência e que contribui para construir uma visão mais realista de seus processos. Santos e Justi (2017) sintetizaram algumas das características apontadas por Allchin (2013) como importantes para que um estudo de caso histórico seja considerado de qualidade e eficaz para o ensino de Ciências: é necessário selecionar um conceito da Ciência, escolher fontes históricas de qualidade e confiáveis, identificar características importantes da NdC relativas ao caso, contextualizar o problema científico, aprofundar no contexto que se mostrou importante na resolução do problema, considerar como os estudantes irão receber as

informações, considerar a história como um todo de forma a envolver os estudantes também nos aspectos científicos, relacionar o caso com outros contextos culturais e contemporâneos e, por fim, considerar uma forma de os estudantes demonstrarem aquilo que aprenderam durante o estudo.

Na literatura é possível encontrar diversos exemplos de pesquisas que relatam a utilização ou a proposta de estudos de caso (CONANT, 1970; BAGDONAS; SILVA, 2015; IRWIN, 2000). Passamos, agora, a explorar alguns deles.

Uma obra importante é o *Harvard Case Histories in Experimental Science*, de James Bryant Conant, publicado em 1970. Nesse livro ele apresenta estudos de caso históricos voltados para um público que não esteja ligado à área das Ciências Naturais. Segundo o autor, o objetivo dos estudos é ajudar uma pessoa leiga a entender as discussões científicas atuais a partir do estudo de alguns casos importantes da história da Ciência. A obra apresenta estudos de caso abordando diversos temas, tais como: os experimentos de Robert Boyle envolvendo pressão/volume de gases, o abandono da teoria do flogisto na Química, a teoria atômico-molecular. Em seus estudos de caso o autor evidencia as estratégias, experimentos e ideias que levaram os cientistas a desenvolver suas teorias. Em uma crítica à obra de Conant (1970), Allchin (2012) reconhece a importância dos estudos, embora ressalte que esse autor, que chama de clássico, considera as interações da Ciência com a sociedade, mas não as coloca em posição de destaque, dando pouca ênfase a aspectos tais como: fatores sociais, culturais, bibliográficos, entre outros.

Um exemplo de estudo de caso mais recente é o apresentado por Bagdonas e Silva (2015). Os autores fizeram um estudo da história da cosmologia envolvendo os pontos de vista dos cientistas sobre as relações entre a Ciência e a religião. O caso proposto envolveu duas teorias opostas em torno da origem do universo: a teoria do *Big Bang* e a teoria do Estado Estável, que argumenta que o universo sempre existiu.

O estudo foi realizado com estudantes de um curso de formação de professores de Ciências com o intuito de fazê-los refletir sobre as diferenças e semelhanças entre a Ciência e a religião. Foram realizadas leituras de textos e discussões com os licenciandos e aplicações de pré e pós-testes para identificar evoluções nas concepções. O estudo demonstrou que o programa desenvolvido pelos pesquisadores

propiciou que os licenciandos refletissem sobre as relações entre Ciência e religião e também sobre a forma como essas tensões devem ser tratadas em sala de aula.

Irwin (2000) explora o conceito de átomo e o padrão periódico dos elementos químicos por meio de episódios históricos que evidenciam a utilização da criatividade e da imaginação no desenvolvimento da Ciência. Na proposta do autor é traçado o desenvolvimento da teoria atômica desde os gregos até os dias atuais, de forma a mostrar aspectos da Natureza da Ciência. O estudo foi realizado com estudantes da Educação Básica e contou com aplicação de pré e pós-testes para acompanhar o desenvolvimento das turmas. O autor relata que a maioria dos estudantes entendia que os átomos foram descobertos e não consideravam a teoria atômica como um modelo. O autor relata que observou uma evolução nas concepções, mas alerta que atividades como essas necessitam de um maior tempo de aplicação.

Além de trabalhos que relatam pesquisas usando estudos de caso históricos, é possível encontrar também publicações que relatam aspectos históricos de algumas passagens ou personagens importantes da Ciência. Um exemplo desse tipo de trabalho é *A síntese da amônia: alguns aspectos históricos* (CHAGAS, 2007). O texto apresenta o histórico da síntese da amônia, além de uma curta biografia de dois principais personagens do caso: Fritz Haber e Carl Bosh.

O texto *Rosalind Franklin e a dupla hélice do DNA – Texto da História da Ciência para o Ensino Secundário* apresenta os principais acontecimentos e os personagens importantes na elucidação da estrutura de dupla hélice das moléculas de DNA. O texto problematiza a participação de Rosalind Franklin na pesquisa e o fato de ela não ter recebido o Prêmio Nobel junto com os colegas.

Essas e outras propostas de estudos de caso podem ser adaptadas para a sala de aula e serem usadas como importantes recursos para inserir a história e os estudos sobre a Natureza da Ciência em sala de aula. Os estudos de caso históricos e contemporâneos têm sido utilizados para desenvolver nos estudantes visões mais realistas sobre a Natureza da Ciência (ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA, 2016a; BAGDONAS; SILVA, 2015; SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007; RUDGE *et al.*, 2014; IRWIN, 2000). Segundo Acevedo-Díaz e García-Carmona (2016a) essas duas estratégias didáticas têm sido recorrentes na literatura que trata de como ensinar NdC. Dessa forma, nessa investigação usamos estudos de caso históricos e contemporâneos na

formação inicial de professores de Química com a intenção de avaliar se eles auxiliam na evolução de ideias envolvendo a Ciência e se essa evolução, caso ocorra, modifica o pensamento sobre a prática docente desses futuros professores. Além dos estudos de caso, usamos uma abordagem que, segundo seus principais defensores (Prain; Tytler, 2013), também auxilia no entendimento da Ciência: as representações multimodais, exploradas no item seguinte.

II. 2 – As Representações Multimodais no entendimento da NdC

Ao aderirmos à abordagem baseada nas representações multimodais, iniciamos pelo que consideramos serem os principais referenciais que embasaram essa abordagem: o socioconstrutivismo e a multimodalidade.

II.2.1 – O Socioconstrutivismo

Lev Semivitch Vigotski é um dos principais teóricos da abordagem sociocultural e um dos pioneiros a estudar a psicologia do desenvolvimento e da aprendizagem. De acordo com Bakhurst (2007), um dos principais legados de Vigotski é o estudo da mente e seu desenvolvimento. Para Vigotski o homem é um ser social e por meio da interação social ele é capaz de transmitir seus conhecimentos através de gerações. Com isso, a cultura torna-se o eixo central do desenvolvimento humano. Segundo Bakhurst (2007), é central no método dialético de Vigotski a ideia de que “tudo no tempo deve ser entendido em seu desenvolvimento” (p. 65), o que nos indica que para compreender a mente humana é necessário compreender os processos dos quais ela emerge.

Ao estudar o processo de formação de conceitos Vigotski considera como fundamental o papel da palavra e dos signos nesse processo. Para Vigotski, o nosso contato com o mundo é mediado por signos considerados “órgãos sociais” (BEZERRA, 2001). Assim “a ênfase no signo como elemento fundamental de construção da relação do homem com o mundo é muito recorrente em toda a teorização vigotskiana” (BEZERRA, 2001, p. XII).

No livro *A Construção do Pensamento e da Linguagem* Vigotski aborda o estudo da formação de conceitos tratando da função da palavra nesse processo. Para o autor,

a investigação experimental do processo de formação de conceitos mostrou que o emprego funcional da palavra ou de outro signo como meio de orientação ativa da compreensão, do desmembramento e da discriminação de traços, de sua abstração e síntese é parte fundamental e indispensável de todo o processo. A formação de conceito ou a aquisição de sentido através da palavra é o resultado de uma atividade intensa e complexa (operação com palavra ou signo), da qual todas as funções intelectuais básicas participam em uma combinação original. (VIGOTSKI, 2001, p. 168).

Para Vigotski o processo de formação de conceitos tem como questão central “o emprego funcional do signo ou da palavra como um meio através do qual o adolescente subordina ao seu poder suas próprias operações psicológicas” (p. 169). A palavra não teria um significado estático e esse seria derivado da unidade entre pensamento e palavra. A partir da necessidade de resolver problemas é que o meio social se torna motivador para o desenvolvimento do pensamento.

Dessa forma, é central no trabalho de Vigotski o papel da linguagem no desenvolvimento da criança. Para o autor “as funções cognitivas e comunicativas da linguagem” tornam-se a base desse desenvolvimento. Ele afirma que

a capacitação especificamente humana para a linguagem habilita as crianças a providenciarem instrumentos auxiliares na solução de tarefas difíceis, a superar a ação impulsiva, a planejar uma solução para um problema antes de sua execução e a controlar seu próprio comportamento. Signos e palavras constituem para as crianças, primeiro e acima de tudo, um meio de contato social com outras pessoas. (VIGOTSKI, 1991, p. 23)

A linguagem é entendida pelo autor como um sistema articulado de signos que são construídos e comunicados socialmente, e dessa forma a criança seria inserida em uma cultura por meio da interação com os membros mais experientes dessa cultura.

Para Vigotski (2001), é por meio da interação com os adultos que a criança se envolve em atividades e inicia o processo de desenvolvimento de conceitos. Segundo ele, tudo no comportamento de uma criança em desenvolvimento está enraizado no social, de forma que a história do desenvolvimento das funções mentais aparece primeiro no plano social e depois no plano psicológico interno.

Vigotski argumenta que as funções mentais superiores (memória, atenção voluntária, pensamento verbal, entre outras) só emergem e são construídas a partir da interação social. A interação social é também determinante no desenvolvimento da linguagem e durante a formação dos conceitos. Segundo o autor,

os complexos infantis não se desenvolvem de forma livre, mas em determinados sentidos são previamente esboçados para o desenvolvimento do complexo pelos significados das palavras já estabelecidos no discurso dos adultos (VIGOTSKI, 2001, p. 191).

O estudo da teoria de Vigotski nos leva a entender que o desenvolvimento das funções mentais superiores está ligado à apropriação da cultura de seu meio (BAKHURST, 2007). A lei genética do desenvolvimento cultural de Vigotski propõe que toda função psicológica é um acontecimento social e, portanto, aparece primeiramente no plano social (SIRGADO, 2000; MORTIMER; EL-HANI, 2014). A partir disso, entende-se que “o pensamento individual se desenvolve por meio de interações sociais” (MORTIMER; EL-HANI, 2014). Dessa forma, a internalização passa por instrumentos mediadores externos que podem ser usados para significar o mundo a nossa volta.

Segundo Driver *et al.* (1999), é importante considerar que o conhecimento científico é, “ao mesmo tempo, simbólico por natureza e socialmente negociado” (DRIVER *et al.*, 1999, p. 32). Os autores argumentam que os objetos da Ciência são construções criadas para interpretar e explicar os fenômenos naturais, e normalmente são frutos de grandes esforços intelectuais. Dessa forma é necessário perceber que o conhecimento científico é “construído e comunicado através da cultura e das instituições sociais da Ciência” (p. 32).

Portanto, quando voltamos nossa reflexão para o ensino de Ciências na Educação Básica entendemos que o estudante precisa ser estimulado a interagir com o professor e com os colegas e, ao mesmo tempo, ser apresentado a atividades complexas para que possa evoluir intelectualmente e construir um entendimento mais amplo sobre o fazer Ciência e sua base conceitual.

Ao pensar que a comunicação entre professores e estudantes e entre os próprios estudantes é central em sala de aula, pesquisas atuais passaram a considerar a multimodalidade na comunicação em sala de aula, além da linguagem verbal. Prain e Tytler (2013) defendem que a aprendizagem de Ciências em sala de aula deve envolver atividades de investigação, desafios e processos representacionais de maneira que os estudantes conheçam a forma como os cientistas validam e constroem o conhecimento científico.

Eles [os estudantes] precisam aprender a alternar entre os modos de representação verbal, escrito, visual e matemático (gráficos, tabelas, equações) e 3D e coordená-los para gerar, testar e justificar explicações. Eles precisam participar de atividades autênticas com esses recursos / ferramentas culturais para se tornarem competentes nas diversas práticas de raciocínio na Ciência (PRAIN; TYTLER, 2013, p. 6, tradução nossa).

Esse processo, segundo os autores, deve acontecer por meio da interação com os colegas e com o professor, no sentido de criar uma comunidade de aprendizagem em que os estudantes se envolvam diretamente nas atividades propostas.

Passamos, portanto, a explorar algumas tendências atuais na pesquisa em ensino de Ciências que levam em conta a multimodalidade e as representações multimodais. Como já dissemos, a abordagem baseada nas representações multimodais fez parte do planejamento das aulas e, com ela, os multimodos, que foram tratados a partir da semiótica social.

II.2.2 – A Semiótica Social e a Multimodalidade

A partir da Gramática Sistêmico-Funcional desenvolvida por Halliday (1978), os estudos envolvendo a linguagem verbal foram ampliados, incorporando outros modos de comunicação. Kress e Van Leeuwen (2006), ao se apropriarem dos princípios formulados a partir da Gramática Sistêmico-Funcional (GSF), reafirmam que a comunicação não se limita a um único modo e pode aparecer também na forma de gestos, sons, imagens, entre outros modos. Mortimer, Moro e Sá (2018), ao analisar a GSF, afirmam que ela é

social ao considerar que as escolhas funcionais e linguísticas dos produtores de textos são resultados sociais e de suas influências sobre a forma como esses produtores veem o mundo. Ao incorporar os estudos sobre multimodalidade, a semiótica social ampliou o alcance da GSF para além da linguagem verbal (MORTIMER; MORO; SÁ, 2018, p. 22).

Halliday (1978) trabalha com os princípios de criação de significado ou metafunção da linguagem, considerando que toda comunicação compreende três tipos de significados: o ideacional – relacionado com a representação do que está acontecendo no mundo; o interpessoal – relações entre pessoas; e o textual – relacionado com a formação de entidades com significado comunicativo, ou o potencial para a formação do texto. Essas três metafunções aparecem em qualquer texto produzido, seja ele falado ou escrito (MORTIMER; MORO; SÁ, 2018).

A multimodalidade, segundo Jewit (2006), estende a teoria de Halliday para além da linguagem e passa a se preocupar com os significados a partir de outros modos e também em como esses modos são combinados e projetados para criar significado (JEWIT, 2006). Segundo Kress *et al.* (2001), existe uma multiplicidade de modos e cada um contribui para a construção dos significados. Esses autores afirmam que “o significado é feito em todos os modos separadamente e, ao mesmo tempo, esse significado é um efeito de todos os modos agindo em conjunto” (KRESS *et al.*, 2001, p. 2).

Baseados nos estudos de Halliday (1978) e Kress *et al.* (2001) afirmam a linguagem-como-fala como um produto do meio cultural e, da mesma forma, “imagens visuais, gestos e ações também foram desenvolvidos no uso social” (p. 12). Segundo os autores, a atenção voltada para apenas um modo falha na captação do significado do evento comunicativo, pois, o significado estaria na “orquestração” dos modos pelo produtor e pelo reprodutor, na interação do que é falado, mostrado, tanto pela postura adotada quanto pelos movimentos realizados (KRESS *et al.*, 2001, p. 14). É importante considerar também que os modos não são universais e, por isso, dependem das compreensões compartilhadas dentro de uma determinada comunidade (MORTIMER; MORO; SÁ, 2018). Segundo Kress *et al.* (2001) “a linguagem está organizada para funcionar com respeito aos interesses sociais e demandas colocadas por aqueles que a usam em suas vidas sociais” (KRESS *et al.*, 2001, p. 44). Os autores citam, como exemplo, os modos que são compartilhados pela comunidade científica e que, provavelmente, não serão reconhecidos fora dessa comunidade. Para os autores, aprender Ciências significa aprender a reconhecer os modos utilizados por essa comunidade. Como exemplo poderíamos citar o modelo bola/vareta, modo extremamente importante para a comunidade química. No entanto, se esse modo for disponibilizado para um grupo de crianças que não entraram em contato com teorias de constituição da matéria, é possível que o modelo bola/vareta não passe de um brinquedo curioso.

Kress *et al.* (2001) explicam que os modos semióticos interagem e contribuem entre si para gerar significados mais complexos, e esses significados podem ser equivalentes, complementares ou até mesmo conflitantes. Os autores defendem a ideia de que a atenção a apenas um modo semiótico não é suficiente para demonstrar

todo o significado de um evento comunicativo, ou seja, o significado reside na “orquestração” dos diferentes modos semióticos.

Norris (2004) indica que esses modos semióticos podem ser auditivos (efeitos sonoros, som, fala etc.), visuais (olhar, impressão, imagem etc.), de ação (gestos, movimentos, posturas, projeção, manipulação de objetos etc.) e ambientais (proxêmica, layout etc.). Em uma situação de sala de aula os diferentes modos semióticos são usados pelos professores e tem potencial para fazer sentido (MORTIMER; MORO; SÁ, 2018). De acordo com esses autores, a experiência do professor em relação ao uso de diferentes modos semióticos constitui um dos saberes utilizados por ele em sua comunicação em sala de aula.

O uso de um conjunto de recursos semióticos configura uma performance do professor. Essa performance é, de certa forma, inconsciente, no sentido de que o professor muitas vezes a realiza sem refletir sobre o que está fazendo. Ao longo de sua vida profissional o professor vai acumulando uma série de experiências relacionadas ao uso de gestos, à forma como ele se relaciona com os objetos de conhecimento, à maneira como ele imposta a voz e as pausas etc., e esse uso vai resultar na sua performance (MORTIMER; MORO; SÁ, 2018, p. 28).

Portanto, podemos afirmar que os modos semióticos são importantes em sala de aula, já que fazem parte da comunicação que, segundo Adami (2016), é multimodal por natureza.

Ao pensar que a alfabetização científica envolve o entendimento e o reconhecimento dos vários modos utilizados pela Ciência (KRESS *et al.*, 2001), atividades que permitam aos estudantes desenvolver habilidades são consideradas importantes em sala de aula (WALDRIP; PRAIN, 2013) e, nesse sentido, são habilidades também importantes para a comunicação do professor e dos estudantes em sala de aula. A comunicação e as representações são, por natureza, multimodais e assim devem ser tratadas em sala de aula.

II.2.3 – As representações multimodais

O uso de representações é uma prática constante no processo de construção do conhecimento científico (PRAIN; TYTLER, 2013). Segundo Prain e Tytler (2013) a pesquisa científica se pauta no aprimoramento de imagens e modelos e integra recursos linguísticos e matemáticos às ferramentas visuais. As diferentes áreas da

Ciência se valem de recursos representacionais e muitas vezes eles são determinantes para seu desenvolvimento. Segundo Gooding (2010), uma habilidade importante para os cientistas é a capacidade de criar e manipular representações visuais. O autor exemplifica a importância dessas habilidades para o meio científico citando um cientista que estuda o canal iônico de sódio.

Em seu estudo sobre a visualização do canal iônico de sódio na neurobiologia molecular, Trumpler documenta a importância das imagens mentais pessoais dos cientistas. Ela observa que enquanto qualquer representação bidimensional no papel mostra apenas um aspecto do canal iônico de sódio, “a convergência das várias representações e a plasticidade da imaginação produz uma imagem mental complexa que pode incorporar todas as perspectivas simultaneamente e refletir escalas de tempo diferentes” (GOODING, 2010, p. 16, tradução nossa).

Gooding (2010) mostra que uma prática importante dos cientistas é a interpretação de imagens por meio de representações, como já relatado no Capítulo 2. Ele argumenta que elas são essenciais para o processo de visualização e interpretação de dados e, posteriormente, para a comunicação dos resultados. O autor esclarece que as representações são “híbridas, isto é, combinam modos visuais, verbais, numéricos ou simbólicos para transmitir informações” (p. 17).

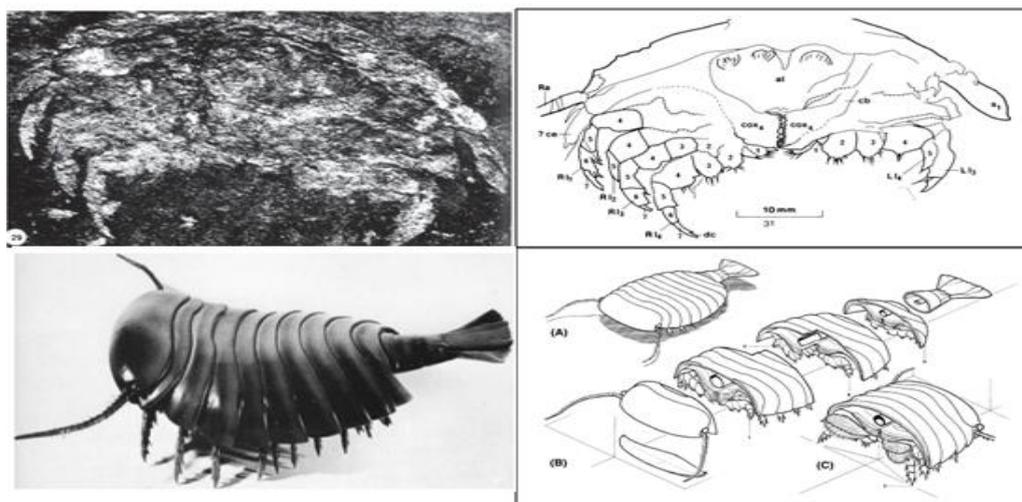
Gooding (2010) explica que em alguns casos as representações são essenciais para o trabalho do cientista, pois, através delas, ele pode vincular um conjunto de dados que necessita de interpretação às representações, facilitando o processo de visualização e inferência. Segundo Gooding (2004a), as representações facilitam o processo científico na descoberta e desenvolvimento de novas explicações, pois a compreensão é melhorada quando podemos visualizar um novo fato aproximando-o de elementos familiares. Ao mesmo tempo as representações são também cruciais para a comunicação externa das ideias científicas.

O trabalho de Gooding (2004a) evidencia que o uso desse tipo de recurso é recorrente no meio científico e fornece diversos exemplos de trabalhos científicos que utilizam diferentes formas de representação nas mais variadas etapas da pesquisa.

Gooding (2004a) também mostra como cientistas fizeram a reconstrução de fósseis encontrados em rochas sedimentares, tentando criar um modelo plausível de um organismo. Segundo o autor, os paleontologistas criaram sugestões de estruturas usando esboços, diagramas e desenhos e, com base neles, manipularam modelos físicos para produzir novas imagens. Ao explicar o processo de reconstrução de fósseis,

um dos investigadores relatou que normalmente os espécimes são encontrados em várias orientações diferentes e seu trabalho inclui criar imagens mentais que os reposicionem em um formato que seja plausível (Figura 4). A partir desses “experimentos mentais” as imagens podem ser substituídas por modelos de estruturas que representem a morfologia do organismo, sempre em um processo de construção e reconstrução até atingir a estrutura mais plausível (GOODING, 2004a).

Figura 4 – Construção de um modelo de *Sidneyia inexpectans* a partir de um fóssil



Fonte: Gooding (2010)

Por meio dos estudos de Gooding (2004a, 2010) podemos perceber que o uso de ferramentas representacionais é inerente à prática científica e, portanto, o uso dessas ferramentas e o ato de representar podem ser entendidos não apenas como recursos periféricos, mas como habilidades importantes para um indivíduo se tornar alfabetizado cientificamente (PRAIN; WALDRIP, 2010). Com isso, o uso de ferramentas representacionais no ensino de Ciências está sendo defendido por diversos autores, a exemplo de Prain e Waldrip (2010), Prain e Tytler (2013) e Tang, Delgado e Moje (2014), em uma prática que envolve ativamente o estudante.

Segundo Prain e Tytler (2013),

Conhecer a maneira como os cientistas geram, validam e disseminam novos conhecimentos mudou a nossa compreensão do papel das ferramentas representacionais na construção do conhecimento. Isso é, agora, correspondido pelos educadores em Ciências, que mostram interesse pelo papel das representações e pelo ato de representar para aprender Ciência. Há um crescente reconhecimento de que os alunos precisam aprender como interpretar e construir representações de conceitos, processos, reivindicações e descobertas científicas, em que representar envolve tanto os processos de conhecer o assunto quanto o que é conhecido (PRAIN; TYTLER, 2013, p. 3, tradução nossa).

Segundo esses autores, para que o estudante passe a compreender a Ciência não basta o entendimento do conteúdo, mas sim desenvolver habilidades em “interpretar, representar e avaliar afirmações científicas” (p. 3). Waldrip e Prain (2013) fazem uma análise de trabalhos publicados sobre o uso de representações e citam uma importante contribuição de Nuthall (1999), que argumenta que os estudantes normalmente precisam de várias experiências (concretas ou individuais) com o mesmo conceito para que possam estabelecer um conhecimento de longo prazo. A compreensão de qualquer assunto pelos estudantes passa por relacionar o significado conceitual com seus referentes no mundo e pelas formas de expressar esses significados (WALDRIP; PRAIN; CAROLAN, 2010). Dessa forma, espera-se que os estudantes “reconheçam as diferenças entre ideias e conceitos, as diferentes formas de representar esse conceito e os fenômenos aos quais ele se refere” (p. 68). Para os autores o aprendizado de novos conceitos necessariamente passa pela aprendizagem de como representá-los.

Tang, Delgado e Moje (2014) tratam das representações como

artefatos que simbolizam uma ideia ou conceito em Ciência (por exemplo, força, energia, ligação química) e podem assumir a forma de analogias, explicações verbais, textos escritos, diagramas, gráficos e simulações. Como tal, eles são parte integrante da linguagem da Ciência (TANG; DELGADO; MOJE, 2014, p. 306).

Prain e Tytler (2013), ao enfatizarem a importância das representações na sala de aula, citam as múltiplas representações e as representações multimodais. As múltiplas representações seriam uma forma de representar um mesmo conceito de diversas maneiras (TANG; DELGADO; MOJE, 2014; PRAIN; WALDRIP, 2006) e as representações multimodais referem-se à integração de mais de um modo semiótico para comunicar esses conceitos. Os componentes de várias modalidades, tais como a linguagem, as representações, as fórmulas e os símbolos são usados individualmente ou simultaneamente para auxiliar os estudantes na aprendizagem de Ciências (TANG; DELGADO; MOJE, 2014).

Tytler *et al.* (2013a) organizaram o livro *Constructing Representations to Learn in Science* no qual vários pesquisadores relatam suas investigações envolvendo representações multimodais e múltiplas representações. Nesse conjunto de pesquisas foram organizadas algumas sequências de aulas com atividades em que os estudantes

eram desafiados a criar representações. Tytler *et al.* (2013b) descreveram os princípios que sustentaram a construção das representações a partir das discussões dos participantes da pesquisa.

De acordo com Tytler *et al.* (2013b) **as sequências de ensino são baseadas em desafios representacionais** nos quais os estudantes são estimulados a criar representações para explorar e argumentar sobre os fenômenos representados. Prain e Tytler (2013) alegam que as condições para a aprendizagem de qualidade envolvem os estudantes estarem motivados a representar e justificar alegações causais sobre os tópicos estudados. É importante também que os estudantes tenham múltiplas oportunidades de representar e reconfigurar seus entendimentos usando atividades de experimentação e discussão com seus pares e com o professor. Além disso, para os autores, a aprendizagem de qualidade requer que os estudantes entendam a forma e a função de diferentes representações científicas e que eles sejam capazes de integrar esses modos para interpretar e criar argumentos (textuais) convincentes sobre o assunto estudado (PRAIN; TYTLER, 2013).

Tytler *et al.* (2013b) defendem que os estudantes devem “identificar a natureza problemática dos fenômenos e a necessidade de uma representação explicativa” (p. 34). Dessa forma os estudantes são apoiados na construção de diferentes modos de representações a fim de criar explicações e resolver problemas. Por fim, o professor auxilia no “alinhamento canônico da representação” (p. 34), na interação com os estudantes, que são continuamente estimulados “a refinar, estender e coordenar seus entendimentos” (p. 34). Prain e Tytler (2013) alertam que uma aprendizagem de qualidade dependerá de como o professor irá planejar a sequência didática. O professor deve fazer opções em relação aos conceitos-chave e aos recursos representacionais e deve desenvolver sequências bem elaboradas que contenham atividades eficazes. A escolha do conceito-chave é importante, pois esse tipo de abordagem demanda um tempo maior para ser desenvolvida, considerando que para um ensino com qualidade é inviável explorar todos os conceitos que tradicionalmente são trabalhados nas escolas.

Outro princípio de uma abordagem com representações, citado pelos autores, é que **as representações devem ser explicitamente discutidas** pelo professor e pelos estudantes. Assim, os estudantes devem perceber que “múltiplas representações são

necessárias para trabalhar os aspectos de um conceito” (p. 35). Essas diferentes representações propostas devem ser criticadas quanto à sua clareza e abrangência e o grupo deve ser capaz de definir quais as “melhores” representações, justificando essa escolha. Apenas por meio de questionamentos do professor e/ou de colegas, o estudante pode perceber aspectos inadequados na sua representação e, assim, melhorá-la. Uma análise deve ser feita também em relação à função e à adequação da representação (TYTLER *et al.*, 2013b).

Tytler *et al.* (2013b) esclarecem ainda que o **aprendizado significativo envolve o mapeamento representacional/perceptual**, ou seja, os estudantes devem ser incentivados a mapear o que foi observado. Além disso ocorre uma contínua **avaliação do processo**, na qual os participantes devem “avaliar a adequação das representações” (p. 35).

As pesquisas apresentadas no livro organizado por Tytler *et al.* (2013a) descrevem o resultado do trabalho com algumas sequências didáticas nas quais os desafios representacionais eram o foco. Essas sequências trataram de diversos tópicos que incluíam animais, água, astronomia, força, ideias sobre a matéria, substância, entre outros. Com elas, os autores esperavam apontar caminhos para que os professores possam desenvolver desafios representacionais em sala de aula.

A sequência que trata o conceito de força foi trabalhada com estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental que tinham, em média, 13 anos. Foram abordados os conceitos-chave do tema e, principalmente, o uso de vetores para representar a ação de forças em eventos cotidianos. O conteúdo de Astronomia foi ministrado para uma turma de 8º ano, com idade média de 12 anos, e foram trabalhados temas como a diferença entre o dia e a noite, as estações do ano, as fases da lua, os movimentos da maré e a força da gravidade. No tópico envolvendo animais, os estudantes exploraram o espaço da escola à procura de animais e se envolveram na criação de representações sobre a movimentação de uma centopeia. O trabalho envolvendo a sequência didática do tema água foi realizado com crianças entre dez e onze anos e tratou de conceitos relacionados à evaporação da água.

Iremos explorar com mais detalhes a sequência didática que teve como foco ideias de substância, na qual foram explorados os conceitos de estados físicos da matéria (HUBBER; TYTLER, 2013) e foi desenvolvida para alunos do sétimo ano (doze

anos). Essa sequência teve início com o estudo de ideias sobre partículas e os alunos foram convidados a construir seus próprios modelos de explicação para propriedades específicas de uma amostra. Entre os desafios representacionais propostos estava criar representações para explicar como uma folha de papel mantém sua forma e como um elástico pode ser esticado sem quebrar. Cada representação foi discutida pela turma até que chegassem a um modelo mais adequado ao que queriam explicar. A próxima etapa da sequência foi o estudo do conceito de temperatura a partir da perspectiva de modelo de partículas. Após discutir alguns conceitos importantes, os estudantes se dividiram em grupos e representaram o modelo usando dramatizações. Com isso muitas representações foram construídas a partir do movimento de seus próprios corpos. Foram utilizadas também simulações de computador. Em todas as etapas os estudantes foram convidados a representar utilizando imagens e essas representações eram discutidas pela turma e pela professora até chegarem a um modelo considerado mais adequado. Os pesquisadores perceberam que as representações criadas pelos estudantes eram muito diferentes entre si, mas eles se envolveram ativamente na produção e na discussão das representações, o que auxiliou no entendimento. Perceberam, também, que foi um processo bastante enriquecedor para os professores participantes que demonstraram considerável habilidade pedagógica no desenvolvimento de desafios representacionais e sua negociação.

No Capítulo 8 do livro em questão, Hubber (2013) descreve a participação de três dos professores que desenvolveram algumas das sequências didáticas nele apresentadas. Esses professores participaram de oficinas junto aos pesquisadores nas quais as sequências didáticas eram planejadas. Ao desenvolverem essas sequências na sala de aula, as aulas desses professores foram acompanhadas.

Ao iniciar a análise, o autor aponta que existem vários fatores que podem apoiar o crescimento profissional do professor, entre eles, a extensão de seu conhecimento profissional. Para Hubber (2013) o conhecimento profissional do professor determina o papel que ele desempenha na criação de ambientes de aprendizagem que possam resultar em uma melhor compreensão da Ciência (p. 136). Segundo Gess-Newsome (2001) *apud* HUBBER (2013, p. 137) deficiências no conhecimento de conteúdo podem limitar a capacidade do professor em ensinar de

forma criativa e inovadora e podem fazer com que o professor desencoraje questões dos estudantes. Hubber (2013) relata que os professores participantes da pesquisa tiveram apoio contínuo dos pesquisadores durante as oficinas e reuniões de avaliação e que isso foi determinante para que eles adquirissem mais segurança nos tópicos que ensinaram.

Os professores que participaram da pesquisa relataram que o uso das representações teve um “impacto significativo em sua prática em sala de aula” (p. 142) e que ocorreu uma mudança significativa na forma como as ideias foram introduzidas em sala de aula. Para eles

a negociação explícita e a discussão de representações de força, substância e fenômenos astronômicos levaram a uma gama mais rica de discussões em sala de aula e reabriram discussões que já haviam sido feitas em tópicos anteriores. A exigência de que os alunos gerem e coordenem representações levou ao refinamento de ideias nas discussões compartilhadas em sala de aula. (HUBBER, 2013, p. 142, tradução nossa).

Hubber (2013) relata que os professores aprenderam a usar desafios representacionais para alcançar um entendimento mais refinado dos conceitos-chave selecionados por eles (o conceito de força e suas representações, por exemplo) e que os estudantes se mostraram mais motivados e engajados no processo de aprendizagem.

Outra questão importante discutida pelos professores participantes foi o fator tempo, pois as sequências didáticas que envolviam a negociação e a discussão de representações requeriam um tempo muito maior quando comparadas com as aulas tradicionais. Por isso, a questão do tempo foi encarada como um desafio pelos professores. No entanto, o autor relata que os professores se contentaram em cobrir um número menor de conteúdos para garantir maior profundidade para os conteúdos que foram estudados com a abordagem das representações multimodais (HUBBER, 2013).

Os resultados apresentados por Hubber (2013) estão de acordo com os argumentos usados por Prain e Waldrip (2010), ao alertarem para a importância do trabalho junto aos professores da Educação Básica, de forma que possam perceber a

importância do ensino de Ciências como uma aquisição de ferramentas para o raciocínio crítico e não apenas para o acúmulo de conteúdo técnico.

Ressaltamos que as representações multimodais foram incorporadas na disciplina proposta no curso de Licenciatura em Química objeto do presente estudo, levando em conta que a prática científica de organizar o pensamento em torno dos próprios achados por meio de representações – formais e informais – faz parte do entendimento de como a Ciência é construída, e que se trata de uma possibilidade de melhorar o entendimento do papel da representação também na aprendizagem conceitual dessa Ciência.

CAPÍTULO III – ASPECTOS METODOLÓGICOS

Passamos agora a descrever os aspectos metodológicos envolvidos em nossa pesquisa, realizada junto a um grupo de graduandos em Química que cursaram uma disciplina que tinha por objetivo o estudo da Ciência na perspectiva de sua Natureza. Para isso, foram realizados estudos de caso históricos e contemporâneos e algumas atividades que envolviam multimodalidade aliadas ao Ensino de Química. O estudo realizado utilizou de métodos qualitativos e teve como objetivo analisar como as atividades e discussões da disciplina poderiam contribuir para o entendimento da produção científica e para o planejamento de aulas e, provavelmente, na qualidade das aulas que os graduandos vão desenvolver depois de formados.

III.1 – A Pesquisa Qualitativa

Segundo Flick (2009), a pesquisa qualitativa é o método mais utilizado em Ciências Sociais e é de extrema relevância para o entendimento das relações sociais devido à “pluralização das esferas de vida” (p. 20). Para Bogdan e Biklen (1994) a investigação qualitativa é um termo genérico que reúne “diversas estratégias de investigação que partilham determinadas características” (p. 16). Esses autores explicam que dados qualitativos são descritivos e provenientes das relações entre pessoas, locais e situações e têm o objetivo de investigar fenômenos complexos em seu ambiente natural.

Flick (2009) nos alerta que a pesquisa qualitativa apresenta aspectos essenciais a serem considerados. Nesse sentido, o pesquisador deve estar atento à escolha adequada de métodos e teorias, assim como ser capaz de reconhecer a possibilidade de análise a partir de diferentes perspectivas. Além disso, a pesquisador precisa ter presente que a reflexividade é parte da produção de conhecimento. Assim como outros pesquisadores, Flick (2009) trata de uma variedade de abordagens e métodos qualitativos.

Em relação à escolha adequada dos métodos e teorias utilizadas, Flick (2009) explica que o objeto de estudo será determinante para a escolha do método. Na pesquisa qualitativa é importante considerar que não existem variáveis que podem ser

testadas em laboratório, mas sim situações complexas de pessoas e de seus cotidianos. É importante também considerar a variedade de perspectivas que envolvem o objeto de estudo “partindo dos significados sociais e subjetivos a ele relacionados” (p. 24). Segundo o autor deve-se levar em consideração “que os pontos de vista e as práticas no campo são diferentes devido às diversas perspectivas e contextos sociais a eles relacionados” (p. 24).

Outro ponto importante a ser considerado em relação à pesquisa qualitativa é a subjetividade do pesquisador. Nesse sentido Flick (2009) esclarece que as reflexões do pesquisador são parte da pesquisa, assim como suas ações, suas impressões e sua interpretação. A reflexividade, como explicam Heath e Street (2008), é um processo em que o pesquisador revela suas “autopercepções, retrocessos metodológicos e estados mentais” (p. 123). Segundo os autores, a reflexividade na pesquisa se mostra nas escolhas pessoais e teóricas do pesquisador. Em relação à explicitação da escolha do quadro teórico da pesquisa, Heath e Street (2008) argumentam que, para o pesquisador, isso representa uma perda de “inocência teórica”, ou seja, o que o pesquisador “vê no campo e o que quer que diga sobre isso em sua escrita estarão enraizados em suposições teóricas que precisam ser explicitadas” (p. 124).

Por fim, outro aspecto citado por Flick (2009) é que na pesquisa qualitativa existe uma ampla variedade de abordagens e métodos provenientes dos diferentes contextos de pesquisa. Dessa forma, além de pesquisas qualitativas diferentes utilizarem variados tipos de métodos o autor trata, também, da importância da utilização de mais de um método na mesma pesquisa, pois, de acordo com ele, a triangulação dos dados de instrumentos diferentes melhora a sua qualidade. Segundo Flick (2009) a triangulação inclui relacionar diferentes abordagens metodológicas, como entrevistas, questionários, observação, métodos quantitativos, entre outras. Desse modo, os dados coletados são mais ricos e a análise mais confiável.

Neste trabalho buscamos triangular dados provenientes de quatro fontes diferentes: questionário, entrevistas, observação de campo e de vídeo, e atividades escritas. A partir desses dados esperamos construir um quadro analítico que nos permita entender o desenvolvimento das concepções dos graduandos ao longo da disciplina. Para isso utilizamos algumas reflexões da Etnografia para ajudar na

descrição do campo e nos posicionamentos da pesquisadora/observadora ao longo do processo.

III.1.2 – Um olhar para a Perspectiva Etnográfica para entender o lugar da pesquisadora

Segundo André (1997), no final da década de 1970 os pesquisadores da área de Educação demonstraram grande interesse pela pesquisa etnográfica principalmente na intenção de retratar a realidade escolar e as complexas interações dos diferentes autores. Esses trabalhos traziam a premissa de que as interações em sala de aula deveriam ser estudadas considerando o universo cultural e sua multiplicidade de significados que permeavam o contexto (ANDRÉ, 1997). Para tanto, deveriam ser usadas ferramentas da observação participante, como a observação, entrevistas, análises de documentos, entre outras.

Na perspectiva etnográfica o observador assume um papel importante, pois, segundo Green, Dixon e Zaharlick (2005), sua análise dependerá de sua “história intelectual” e da forma como se posiciona como membro do grupo a ser estudado. Spradley (1979) discute o papel do observador considerando que ele deve alternar sua visão sobre as práticas culturais do grupo entre a visão de quem faz parte do grupo, é “de dentro”, e a de um observador mais distante, ou “de fora”, o que ele define como “insider e outsider”. Como explicam Heath e Street (2008), o observador distancia-se de sua própria cultura para se aproximar da cultura do outro, mas é preciso que em um determinado momento ele se distancie da cultura do outro para refletir sobre as práticas observadas. Dessa forma, o pesquisador poderia ser capaz de entender as práticas de uma determinada comunidade a partir da perspectiva de sua própria, diminuindo a interferência de seus próprios preconceitos iniciais.

Essa reflexão se torna importante para pensar o lugar da pesquisadora que desenvolveu o presente trabalho. Em muitos aspectos sua própria trajetória se aproxima da trajetória acadêmica dos sujeitos da pesquisa, uma vez que estudou na mesma instituição e cursou o mesmo curso de graduação. Portanto, conhece as práticas, costumes e muitos dos dilemas que esses graduandos viviam na época em que os dados foram coletados. Muitos dos questionamentos que surgiram durante as

aulas foram, e alguns ainda são, compartilhados pela pesquisadora. Esse conhecimento prévio gerou certa familiaridade com o campo de pesquisa e facilitou o entendimento de algumas discussões e posicionamentos. No entanto, também gerou entendimentos prévios e questionamentos pessoais que nem sempre refletiram a realidade daquele grupo específico, pois apesar de estar no mesmo local de formação, o tempo e as experiências traziam características diferentes.

Com isso, tornou-se importante para o desenvolvimento desta pesquisa a reflexão sobre a aproximação com o campo e o distanciamento do mesmo. O esforço do trabalho foi conhecer algumas concepções dos graduandos sobre a Natureza da Ciência e o Ensino de Ciências e entender se essas concepções evoluíram, como teria se dado essa evolução (ou não) no decorrer da disciplina, e de que modo esses graduandos construíram essas concepções. Cada um deles tem uma trajetória e valores criados nas diferentes fases da vida e isso certamente influencia na forma como enxergam o mundo, e também na forma como interpretaram e reformularam seus entendimentos das questões científicas e do ensino. Dessa forma, tínhamos presente que cada um deles poderia interagir com as atividades de forma diferente e desenvolver entendimentos diferentes ao longo da disciplina.

A partir dessas reflexões é possível pensar o lugar da pesquisadora neste trabalho e sua tentativa de entender o ambiente da pesquisa. Usamos aqui a Etnografia apenas para refletir sobre o que ocorre no campo de estudo, a fim de não apenas identificar resultados finais do curso, mas de entender os processos que permitiram que aqueles resultados fossem construídos. Portanto, não se trata de uma pesquisa etnográfica, mas de uma pesquisa que se alinha a algumas características da pesquisa etnográfica.

A partir do entendimento de como a pesquisadora se relaciona com o contexto da pesquisa, retomamos o alerta de Heath e Street (2008), complementado por Freitas (2002): “as análises interpretativas são feitas a partir do lugar sócio-histórico no qual se situa o pesquisador e dependem das relações intersubjetivas que estabelece com os seus sujeitos” (FREITAS, 2002, p. 29). Dessa forma, não existe neutralidade na pesquisa e a pesquisadora está “impregnada do lugar de onde fala e orientada pela perspectiva teórica que conduz a investigação” (p. 30).

III.2 – Questões de Pesquisa

Para a construção das questões de pesquisa partimos da hipótese que professores carregam concepções ingênuas envolvendo a Ciência que interferem no ensino de Ciências. Acreditamos que, durante a formação inicial de professores, um conjunto organizado de estratégias pode auxiliar na evolução dessas concepções que, por sua vez, podem refletir na prática docente depois de formados.

A partir disso, a questão principal de pesquisa é: Que concepções e sentidos da Natureza da Ciência circulam no discurso de professores em formação ao longo da disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?” e quais estratégias favorecem a sua evolução?

As seguintes questões mais específicas surgem para ajudar a responder as questões principais:

- Quais as concepções dos licenciandos sobre questões relacionadas à Natureza da Ciência ao iniciar e ao finalizar a disciplina?
- Quais as contribuições dos estudos de caso utilizados durante a disciplina na evolução de concepções da Natureza da Ciência?
- Um entendimento mais amplo em torno da Natureza da Ciência auxilia o professor em formação a problematizar o seu próprio papel na sala de aula?
- Como as representações multimodais podem auxiliar o professor a promover o ensino que permita um entendimento de modelos da Ciência?

III.3 – Sujeitos da Pesquisa

Uma vez que o curso de Licenciatura em Química da UFMG não contasse com uma disciplina obrigatória que contemplasse, em seu conteúdo programático, a Ciência na perspectiva de sua natureza, a disciplina objeto de nosso estudo foi proposta como optativa, com matrícula livre para aqueles que tivessem interesse. A disciplina foi ofertada preferencialmente para licenciandos, no entanto teve a participação de um bacharel. Nesse sentido, os participantes não foram escolhidos pelas pesquisadoras.

Participaram da pesquisa 12 estudantes de graduação em Licenciatura e Bacharelado em Química da Universidade Federal de Minas Gerais. Desses, onze estudantes estavam cursando a modalidade licenciatura e um estudante a modalidade bacharelado. Foram atribuídos nomes fictícios aos sujeitos da pesquisa para preservar sua identidade e todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido autorizando a utilização dos dados gerados pela pesquisa.

Ao longo deste trabalho iremos nos referir aos sujeitos da pesquisa como graduandos, licenciandos, professores em formação ou participantes. A docente do Departamento de Química que ministrou a disciplina será chamada de professora. Apresentamos no Quadro 3 os nomes fictícios e alguns dados dos sujeitos da pesquisa da época em que participaram.

Quadro 3 – Os sujeitos da pesquisa

Nome Fictício	Modalidade	Ingresso no curso	Experiência Profissional até o término da disciplina	Observações
Tamires	Licenciatura	2014/2	Professora Designada da Educação Básica Estadual de MG e estágio no Colégio Técnico da UFMG.	Formou ao final da disciplina e passou a atuar como professora de Química concursada da rede estadual para Ensino Médio e EJA.
Augusto	Bacharelado	2015	Professor voluntário e monitor em um curso preparatório para o ENEM.	Tinha a intenção de cursar licenciatura após terminar o bacharelado.
Pedro	Licenciatura	2011/1	Professor voluntário de preparatório ENEM. Bolsista Centro Pedagógico da UFMG.	Bacharel em Química, estava cursando Química Licenciatura.
Juliana	Licenciatura	2014/2	Estágio em escola, bolsista de Iniciação Científica na área de Educação.	Realizou pesquisa na área de ensino de Química como estudante de Iniciação Científica durante dois anos. Orientanda da professora da disciplina.
Natália	Licenciatura	2015/2	Estágio em escola, bolsista de Iniciação Científica na área de Educação.	Realizou pesquisa na área de ensino de Química como estudante de Iniciação Científica durante um ano. Orientanda da professora da disciplina.
Milena	Licenciatura	2016/2	Participou do PIBID durante o período em que cursou a disciplina.	Sua participação no PIBID teve a coordenação da professora da disciplina.
Renata	Licenciatura	2013/2	PIBID (anterior à disciplina) e projeto de extensão na área de Educação.	Participava de um projeto de extensão da universidade no contraturno de sua atuação em uma escola de Ensino Infantil e

				Fundamental.
Patrícia	Licenciatura	2018	PIBID (anterior à disciplina)	Veio de transferência de outra universidade, na qual já tinha cursado disciplinas do campo da Educação.
Samuel	Licenciatura	2014/2	Sem experiência	Não terminou a disciplina.
Marina	Licenciatura	2014/2	Sem experiência	Não terminou a disciplina.
Claudia	Licenciatura	2014/1	Estágio em preparatório ENEM.	Participou de poucas aulas.
Letícia	Licenciatura	2011/2	Professora designada da rede estadual de MG. Trabalhou com Ensino Médio e EJA.	Formou ao terminar a disciplina.

É importante perceber que esses participantes, apesar de fazerem parte de um curso de Química, estavam em momentos diferentes desse curso e trouxeram experiências diferentes para o grupo. Conviveram com estudantes do último período que tinham algumas experiências profissionais e, como no caso da licencianda Tamires, já tinha familiaridade com o assunto da disciplina, tanto estudantes que estavam na metade do curso como alguns que ainda nem tinham iniciado o período em que as disciplinas de cunho pedagógico são ofertadas. Portanto, apesar dos participantes apresentarem características semelhantes, formavam um grupo heterogêneo em relação a suas experiências e ideias.

As licenciandas Natália e Juliana eram bolsistas de Iniciação Científica na área de Ensino de Química e estavam participando de pesquisas na área sob orientação da mesma professora da disciplina. Milena ingressou para o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) sob coordenação da professora da disciplina. As licenciandas Renata e Patrícia participaram do mesmo programa em anos anteriores.

Tamires e Letícia estavam em seu último período de graduação e formaram ao término da disciplina. Tamires assumiu um cargo de professora na Educação Básica no ano seguinte em que a pesquisa foi realizada. O licenciando Pedro já tinha o título de Bacharel em Química e estava cursando matérias específicas para o curso de Licenciatura visando a obtenção de novo título. Augusto cursava, na época da pesquisa, a modalidade de bacharelado em Química e relatou que tinha interesse de cursar a modalidade Licenciatura depois de formado. Os licenciandos Samuel e Marina realizaram trancamento do curso antes do término da disciplina por razões pessoais e, com isso, acompanharam apenas dez das quatorze aulas do curso. Apesar disso, Samuel se disponibilizou em responder ao questionário final e participar da entrevista. Não foi possível entrar em contato com Marina novamente.

III.4 – A disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?”

A disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?” foi ofertada pelo Departamento de Química (DQ) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) para o curso de Química, na forma de optativa. A disciplina optativa, que contou com carga horária de 60 horas, sendo um encontro por semana de 4 horas/aula, foi ministrada por uma professora do DQ mestre e doutorada em Educação que desenvolve pesquisa na área de Educação em Química, no segundo semestre do ano de 2018.

A ementa da disciplina trazia a utilização de estudos de caso históricos e contemporâneos envolvendo a produção de conhecimento científico; estudos envolvendo a multimodalidade e as representações multimodais na construção de uma visão mais ampla sobre a Natureza da Ciência; e, por fim, uma discussão sobre o papel do professor na construção de uma visão cultural da Ciência.

Algumas aulas do curso foram ministradas pela professora, que apresentava um texto, um conteúdo ou uma atividade e logo em seguida propunha que os estudantes discutissem questões relacionadas ao conteúdo abordado. Em outras aulas os professores em formação apresentavam, por meio de seminários, temas selecionados previamente, também seguidos de debates. A avaliação do curso levou em conta a participação nas discussões, a apresentação dos seminários e a elaboração de algumas atividades escritas. No Quadro 4 apresentamos os conteúdos das aulas ministradas e os responsáveis pelas atividades.

Quadro 4 – Relação de aulas e atividades

Aula	Assunto	Atividades	Responsáveis
1	Introdução à disciplina	Questionário; Apresentação da disciplina; Discussão “Ciência: produção e validação”.	Professora
2	A Fosfoetanolamina em questão	Apresentação do caso “Fosfoetanolamina”; Discussão	Professora
3	Ciência: leituras múltiplas sobre a Ciência e o seu desenvolvimento – Pasteur e Becquerel	Seminário 1 – Pasteur e a geração espontânea: uma história equivocada. Texto trabalhado: MARTINS, L. A. P. Pasteur e a geração espontânea: uma história equivocada. Filosofia e História da Biologia , v. 4, p. 65-100, 2009.	Juliana e Pedro

		Seminário 2 – Becquerel e a radioatividade. Textos trabalhados: MARTINS, R. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. Cad. Ensino de Física . v. 7 (Número Especial), p. 27-45, 1990. MARTINS, R. Hipóteses e interpretação experimental: a conjectura de Poincaré e a descoberta da hiperfosforescência por Becquerel e Thompson. Ciência & Educação , v. 10, n. 3, p. 501-516, 2004	Renata
4	Ciência: leituras múltiplas sobre a Ciência e o seu desenvolvimento – DNA	Atividade de leitura – Rosalind Franklin e a Dupla hélice do DNA Texto trabalhado – ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A.; ARAGÓN, M. M. Rosalind Franklin y la doble hélice del ADN-Texto de Historia de la Ciencia para Educación Secundaria (17-18 años de edad). Recuperado de Research Gate . DOI: https://doi.org/10.13140/RG , v. 2, n. 36750.97603, 2016. (traduzido pelos pesquisadores)	Todos – Atividade em sala
5	Tecnologia: leituras múltiplas sobre a Ciência, a tecnologia e o desenvolvimento – Talidomida e Celobar	Apresentação – O caso Talidomida.	Professora
		Seminário 3 – O caso Celobar	Augusto e Samuel
6	Ciência: leituras múltiplas sobre a Ciência e o seu desenvolvimento	Seminário 4 – Fritz Haber: Uma vida dedicada à Pesquisa Texto trabalhado: Hoffmann, R. Uma vida dedicada à Química. <i>In</i> : Hoffmann, R. O Mesmo e o não mesmo . Editora Unesp, p. 215-227, 2007.	Patrícia
		Seminário 5 – Aspectos históricos da Síntese da Amônia Texto trabalhado – CHAGAS, A. P. A síntese da amônia: alguns aspectos históricos. Química Nova , v. 30, n. 1, p. 240-247, 2007.	Natália
		Doutores da Agonia Texto trabalhado – REZENDE, R. Doutores da agonia: por dentro da Ciência nazista. Revista Superinteressante . Editora Abril. 2016. Disponível em: https://super.abril.com.br/ciencia/doutores-da-agonia/	Todos – Atividade em aula
7	A Ciência e a tecnologia em questão	Discussão do texto Hoffmann, R. Valor, Dano e Democracia. <i>In</i> : Hoffmann, R. O Mesmo e o não mesmo . São Paulo: Editora UNESP, 2007.	Atividade em aula
		Relação da humanidade com o conhecimento ao longo do tempo	Professora
8	A Ciência como explicação do mundo – como isso se traduz para a sala de aula	Simulação de uma aula de ligação química para o Ensino Médio.	Professora
9	A Ciência e a tecnologia em questão	O anticoncepcional em questão: júri simulado	Tamires e Letícia
		Proposição de um estudo de caso para o Ensino Médio	Todos

10	Multimodalidade e Representações Multimodais	Apresentação sobre a Multimodalidade nas aulas de Ciências	Professora
		Experimento e Construção de representações para os fenômenos observados no experimento realizado	Todos – Atividade em sala de aula
		Apresentação sobre as Representações Multimodais nas aulas de Ciências	Professora
11	O ciclo da água e as representações	Apresentação dos estudos de caso propostos na aula 9	Todos
		Uma aula sobre ciclo da água utilizando representações	Professora – Atividade em sala de aula
12	Fazendo na prática – Representações Multimodais	Produção de aula para o Ensino Médio usando a abordagem das representações multimodais	Todos
13	Ensino de Química	Discussão: ser professor e ser professor de Química – implicações na sociedade e na sala de aula	Todos
14	Encerramento	Discussão: o conhecimento científico na Ciência e na sala de aula	Atividade em sala de aula
		Avaliação da disciplina	

As aulas aconteceram às sextas-feiras, das 13h às 16:30h. No semestre em que a disciplina foi ofertada houve três feriados nas sextas-feiras, de forma que duas das aulas (aula 6 e aula 10) tiveram duração além do tempo previsto, para compensar uma das aulas que não aconteceria em função dos feriados. Por isso temos o registro de 14 aulas.

A primeira atividade proposta, na aula 1, foi o preenchimento de um questionário que teve por objetivo tanto coletar informações que nos permitissem caracterizar esses licenciandos, quanto conhecer concepções dos participantes envolvendo a Ciência. Na primeira parte solicitamos que nos informassem o tempo de curso, disciplinas pedagógicas cursadas, atuação profissional, entre outros aspectos. Na segunda parte propusemos questões relativas às visões sobre ensino e sobre Ciência. A construção desse questionário será trabalhada na seção III.5.1. Após o questionário ser respondido pelos participantes, a professora distribuiu as atividades que seriam de responsabilidade dos estudantes ao longo do curso e, em seguida, iniciou uma discussão sobre Ciência abordando aspectos como a construção e validação do conhecimento científico.

As aulas 2 a 7 e a aula 9 foram trabalhados estudos de caso históricos e contemporâneos, os quais foram organizados na forma de apresentação em *Power Point*, tanto pela professora quanto pelos estudantes. Os textos foram disponibilizados

para toda a turma e, para cada textos, os licenciandos se organizaram e duplas ou trios para conduzir a apresentação. Os casos Fosfoetanolamina (aula 2) e Talidomida (aula 5) foram apresentados pela professora, enquanto os casos Pasteur e Becquerel (aula 3), Celobar (aula 5) e Haber (aula 6) foram apresentados em forma de seminário pelos participantes da disciplina. Em média, cada grupo tinha cerca de trinta minutos para realizar a apresentação de um texto previamente disponibilizado pela professora. Após a apresentação o tema era aberto para discussão e todos poderiam expor suas impressões sobre o que foi trabalhado. O caso da aula 9, Anticoncepcional, foi organizado em forma de júri simulado pelas alunas responsáveis, sua construção seguiu as características de um bom Estudo de Caso propostas por Herreid (1998) . O caso do DNA (aula 4) foi realizado na forma de estudo em sala, envolvendo a leitura de um texto curto (4 páginas), seguido de discussão. Na aula 8, foi lido um texto em sala que trabalhava impactos da Ciência no meio social. O texto foi dividido entre as diferentes duplas e, após a leitura, cada dupla socializou o trecho do texto que lhe fora atribuído, enfatizando o conteúdo e as impressões que tiveram em relação a ele. Esse texto tinha um caráter mais político envolvendo a Ciência e a sua produção. Em seguida, a professora fez a explanação da relação da humanidade com o conhecimento ao longo da história. As principais discussões realizadas nos estudos de caso estão listadas no Quadro 5.

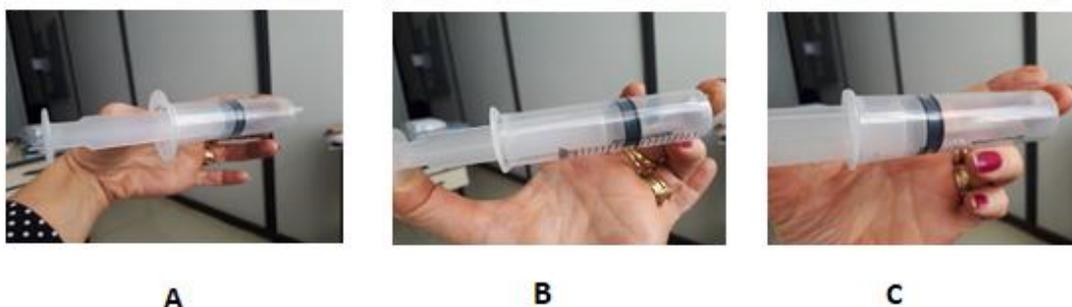
Quadro 5 – Estudos de caso

Estudo de caso	Discussões realizadas
Fosfoetanolamina	Polêmicas científicas.
Pasteur e a geração espontânea	Equívocos, favorecimentos e parcialidade na Ciência.
Becquerel e a descoberta da radioatividade	Subjetividade, dogmas e escolhas teóricas dos cientistas.
A descoberta da estrutura do DNA	Trabalho em equipe e competições entre cientistas e entre grupos de cientistas.
Talidomida e Celobar	Erros na Ciência.
Anticoncepcional	Limitações da Ciência e controvérsias.
Fritz Haber	Polêmicas sobre a vida e obra de um cientista.

Nas aulas 10, 11 e 12 foram trabalhados os temas de Multimodalidade e de Representações Multimodais. Na aula 10 a professora apresentou alguns aspectos teóricos sobre o assunto e propôs desafios representacionais com os estudantes. Ela

levou uma seringa e pediu que os estudantes representassem as partículas do ar dentro da seringa com o êmbolo em diferentes posições, mantendo a saída de ar fechada (Figura 5). Em seguida ela solicitou que as representações fossem desenhadas no quadro, o que fez emergir uma discussão em torno das representações e seus significados na aprendizagem em Química.

Figura 5 – Experimento com a seringa em três momentos diferentes. A) êmbolo na posição normal, B) êmbolo sendo empurrado para o interior da seringa e C) êmbolo sendo empurrado para fora da seringa.



O encontro 11 foi uma aula temática sobre o ciclo da água no qual foram trabalhados os conceitos de evaporação, condensação e precipitação. Para isso vários conceitos científicos foram tratados envolvendo o clima, a formação de nuvens, a liofilização e algumas tecnologias relacionadas a ela. A professora, nessa aula, propôs um novo desafio representacional: como representar a neblina. Na aula 12 a professora pediu que os graduandos se organizassem em grupos e fizessem o planejamento de uma aula que envolvesse representações multimodais. Ao final eles deveriam entregar o “plano de aula” escrito.

As outras aulas tiveram um direcionamento maior para o ensino de Química e para alguns exemplos de abordagens de ensino que poderiam trabalhar a construção do conhecimento de forma implícita. Uma delas foi a aula 8, em que a professora simulou uma aula para alunos do Ensino Médio. O conteúdo proposto foi o de ligações químicas e a proposta foi realizar uma série de experimentos simples que permitiriam a apropriação do modelo de ligação iônica. Nessa aula foi feito um primeiro experimento envolvendo a condutividade elétrica. Com ele, três resultados diferentes (condução nos sólidos, condução em líquidos e não-condução em líquidos) fizeram com que as substâncias testadas fossem agrupadas em três grupos. Com isso foram

propostos três modelos de ligações químicas presentes nos materiais dos três grupos formados para explicar a propriedade de condutividade, explorando a Ciência como uma explicação para os fenômenos do mundo. Na aula 13 os graduandos discutiram o papel do professor de Química na sociedade e na escola e refletiram sobre o modelo de ensino que gostariam de usar depois de formados. Por fim, na aula 14 os estudantes voltaram a responder o questionário apresentado no início da disciplina e fizeram uma discussão final sobre o conhecimento científico na sala de aula. Os estudantes falaram, ainda, das percepções que tiveram da disciplina que cursaram, em um processo de avaliação.

III.5 – Coleta e Análise de Dados

O corpo de dados deste trabalho é proveniente do acompanhamento das 14 aulas ministradas na disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?” e compreende: (1) respostas a um questionário aplicado ao início e ao término da disciplina; (2) entrevistas com os participantes; (3) atividades escritas realizadas pelos estudantes ao longo da disciplina; e (4) observação das aulas do curso em tempo real e por meio dos vídeos. Isso posto, passamos agora a detalhar cada grupo de dados e os instrumentos utilizados.

III.5.1 – Questionário

Ao iniciar a disciplina foi solicitado que todos os participantes respondessem a um questionário que estava disponível online. O questionário continha 16 questões abertas divididas em três blocos: (1) sete questões sobre o perfil dos participantes (ano de ingresso no curso, modalidade, disciplinas pedagógicas cursadas, experiência profissional); (2) quatro questões envolvendo visões de ensino e o papel do professor na sala de aula; e, por fim, (3) cinco questões envolvendo visões da Ciência e da construção do conhecimento. O mesmo questionário foi aplicado ao término da disciplina. Nos quadros 6 e 7 apresentamos o conteúdo das questões de 8 a 16, e o questionário completo consta no item I.I.2 do Apêndice 1.

Quadro 6 – Questões de Ensino

Questão	Conteúdo
8	Que características você considera necessárias para que um professor de Química seja considerado bom?
9	Considerando que você pode se tornar um professor de Química, diga que tipo de professor você gostaria de ser.
10	Bons professores também têm sido criticados pelo fato de seus estudantes aprenderem pouco. Por que você acha que isso acontece?
11	Construa um pequeno texto a partir da sentença a seguir. ENSINAR QUÍMICA É...

Essas questões foram elaboradas com o intuito de obter informações sobre o tipo de professor que os licenciandos têm como modelo, como se imaginam na prática futura e suas visões em relação a ensinar Química. Com esse questionário tínhamos a intenção de analisar o impacto da disciplina nas concepções que possuíam do ensino e do modelo de professor.

As questões que visavam identificar algumas concepções sobre a NdC dos licenciandos foram adaptadas do questionário *Views of Nature of Science – Form C VNOSc* (LEDERMAN *et al.*, 2002). As questões utilizadas estão apresentadas de forma resumida no Quadro 7.

Quadro 7 – Questões sobre visões da NdC

Questões	Conteúdo
12	O que torna a Ciência (ou uma disciplina científica como a Química, a Física, a Biologia etc.) diferente de outras formas de investigação (por exemplo, religião, filosofia)?
13	Teoria é um conceito bastante presente quando estudamos Química, por exemplo. O que, para você, é uma teoria?
14	Acredita-se que há cerca de 65 milhões de anos os dinossauros foram extintos. Entre as hipóteses formuladas pelos cientistas para explicar a extinção, duas gozam de maior apoio. A primeira, formulada por um grupo de cientistas, sugere que um imenso meteorito atingiu a Terra há 65 milhões de anos e acarretou uma série de eventos que causou a extinção. A segunda hipótese, formulada por um outro grupo de cientistas, sugere que grandes e violentas erupções vulcânicas foram responsáveis pela extinção. Como essas conclusões diferentes são possíveis se os cientistas de ambos os grupos tiveram acesso e utilizaram o mesmo conjunto de dados para obter suas conclusões?
15	Em sua opinião, os cientistas usam sua criatividade e imaginação durante suas investigações?
16	Algumas pessoas afirmam que a Ciência é impregnada por valores sociais e culturais, isto é, a Ciência reflete os valores sociais e políticos, as suposições filosóficas e as normas intelectuais da cultura na qual ela é praticada. Outras pessoas afirmam que a Ciência é universal, isto é, a Ciência transcende as fronteiras nacionais e culturais e não é afetada por valores sociais, políticos e filosóficos e pelas normas intelectuais da cultura na qual ela é praticada. a) Se você acredita que a Ciência reflete valores sociais e culturais, explique por que e como. Defenda sua resposta com exemplos. b) Se você acredita que a Ciência é universal, explique por que e como. Defenda sua resposta com exemplos.

O questionário VNOSc resulta da expansão de dois questionários anteriores (VNOSa e VNOSb) desenvolvidos pelo grupo de pesquisa de Lederman e foi um instrumento desenvolvido por Abd-El-Khalick (1998) para investigar as opiniões relevantes sobre a Natureza da Ciência. O questionário original contém dez questões que visam avaliar os entendimentos de aspectos da Natureza da Ciência, principalmente “a inserção social e cultural da Ciência e a existência de um método científico universal” (LEDERMAN *et al.*, 2002, p. 510).

Cinco questões foram adaptadas do questionário VNOSc de acordo com o interesse em relação ao conteúdo da disciplina na qual se deu a coleta de dados deste trabalho. A questão 12 tinha o objetivo de perceber como os graduandos entendiam a construção do conhecimento científico e, principalmente, se consideravam o conhecimento científico como provisório ou como verdade inquestionável. Nessa mesma linha, o objetivo da questão 13 foi conhecer o entendimento de teoria e de seu papel na Ciência, e também perceber se os graduandos entendiam o conhecimento científico como uma forma (das muitas que existem) de explicar o mundo.

Na questão 14 foi posta uma situação em que diferentes grupos de cientistas chegam a conclusões diferentes utilizando o mesmo grupo de dados. Essa questão buscava avaliar se os graduandos consideravam ser a Ciência uma atividade subjetiva, ou seja, se tinham o entendimento de que todo trabalho científico é carregado de teoria e de que não existe observação neutra. Foi avaliado se eles percebem que, ao fazer uma observação, o cientista provavelmente leva em conta as teorias nas quais acredita e que o levaram a fazer determinada observação. Nessa mesma linha, a questão 15 buscava identificar se os professores em formação consideravam a Ciência como um processo criativo em todas as suas etapas e não apenas nas etapas de planejamento. Por fim, a questão 16 abordava a influência de valores sociais e culturais e tinha por objetivo identificar se os graduandos consideravam essas influências e, uma vez considerando, como as percebiam.

O mesmo questionário foi aplicado no início e ao término da disciplina e as respostas obtidas fazem parte do corpo de dados deste trabalho. Esses dados nos ajudaram a identificar algumas concepções que esses professores em formação carregavam ao iniciar a disciplina e analisar se houve evolução de algumas dessas concepções.

A análise das respostas foi feita em duas partes: 1) questões de ensino e papel do professor e 2) questões envolvendo visões da Ciência que foram analisadas a partir da lista de consensos sobre a Natureza da Ciência de Lederman *et al.* (2002).

É importante considerar, como alertado por Lederman *et al.* (2002), as limitações do questionário como instrumento para identificar concepções sobre a NdC. Entre as limitações apontadas pelos autores estão as diferenças na interpretação das questões pelos pesquisadores e pelos pesquisados e a influência de vieses ideológicos na formulação dessas questões, que podem influenciar na resposta dos pesquisados. Considerando especificamente o questionário apresentado neste trabalho, o número reduzido de questões poderia não ser suficiente para se ter uma visão mais ampla sobre as ideias desses graduandos. Na análise do questionário buscamos minimizar suas limitações valendo-nos das discussões ocorridas nas aulas 1 e 14.

Para cada participante foi construída uma planilha no *Excel*, de forma a facilitar a identificação de eventuais diferenças entre as respostas ao questionário no início e ao final da disciplina. Identificadas as respostas diferentes, o passo seguinte foi analisar se essas respostas representavam evolução de concepções. Em alguns momentos da análise foi necessário que a pesquisadora se voltasse para os vídeos das aulas, buscando identificar nas aulas o envolvimento do participante que pudesse ter auxiliado naquela evolução ou mudança de concepção.

Porém, tendo em vista que alguns estudantes participantes da disciplina trouxeram mais contribuições para o debate do que outros e que, em alguns momentos encontramos contradições em um mesmo participante, optamos pela realização de entrevistas com os graduandos.

III.5.2 – Entrevistas

A partir de uma análise inicial dos questionários e das aulas percebemos que alguns pontos necessitavam de um entendimento mais aprofundado e, por isso, surgiu a necessidade de realizar as entrevistas com os participantes. Por uma impossibilidade da pesquisadora em realizar a entrevista logo após as aulas, elas foram realizadas quatro meses após o término da disciplina. Consideramos que, com isso, os dados das entrevistas foram mais fidedignos, já que os participantes falariam daquilo que os

marcou mais profundamente a ponto de ficar na memória. Inicialmente tínhamos a intenção de entrevistar apenas os participantes cujos questionários davam indícios de evoluções significativas ou que mostraram posicionamentos interessantes durante as aulas. No entanto, a partir de uma análise inicial dos dados identificamos a necessidade de explorar melhor as respostas e entender quais atividades da disciplina foram significativas para que os graduandos mudassem alguns posicionamentos. Assim sendo, a entrevista feita com todos os participantes foi decidida ao longo da análise do questionário e das aulas.

Segundo Duarte (2004) a entrevista é um instrumento recorrente em pesquisa qualitativa. Para a autora as entrevistas são “fundamentais quando se precisa/deseja mapear práticas, crenças, valores e sistemas classificatórios de universos sociais específicos (p. 215)”, e se forem bem executadas permitem que o pesquisador explore com profundidade a forma com que os pesquisados “percebem e significam sua realidade”. Segundo Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (1999) a entrevista permite um maior grau de profundidade, o que dificilmente seria alcançado por meio de um questionário. A entrevista realizada foi do tipo semiestruturada, observado um roteiro de perguntas principais, ao qual a entrevistadora adicionou questões de acordo com as circunstâncias ou depoimentos dos participantes ao longo da entrevista.

As questões iniciais foram elaboradas a partir das respostas dos graduandos aos questionários, com a intenção de entender melhor suas colocações e também identificar algumas percepções sobre a disciplina. O roteiro das entrevistas continha cinco perguntas que foram feitas para todos os entrevistados e duas ou três perguntas feitas especificamente para cada um dos graduandos.

No início da entrevista foram feitas as perguntas gerais para todos os participantes. O objetivo das questões era que eles falassem sobre: 1) a escolha do estudo de caso produzido durante a disciplina; 2) a possibilidade de uso de estudos de caso em aulas de Química e suas expectativas para a prática futura; 3) o uso de representações em aulas de Química e suas expectativas para a prática futura; 4) uma explicação sobre como idealizavam a prática futura a partir da pergunta “Que Ciência você gostaria de comunicar em sua sala de aula?”; e 5) qual ou quais atividades da disciplina tinham sido mais significativas para eles.

Além das questões apresentadas acima, que foram feitas para todos, foram elaboradas questões específicas para cada graduando. Essas questões foram baseadas nas respostas ao questionário e com elas foi possível que cada um dos participantes discorresse mais sobre suas visões ou explicasse pontos de vistas que não tinham ficado claros. O roteiro das entrevistas, com as questões principais, consta do item I.I.1 do Apêndice 1. As entrevistas foram transcritas na íntegra de forma a facilitar nossa análise.

III.5.3 – Observação das aulas

Por fim, o quarto instrumento de coleta de dados utilizado foi a observação das 14 aulas. A observação é uma importante ferramenta de pesquisa qualitativa e implica em uma análise atenta e prolongada do pesquisador a fim de estudar comportamentos e situações do seu campo de pesquisa (JACCOUD; MAYER, 1997). Segundo Freitas (2002) a observação é uma técnica não-dirigida e direta e busca observar a realidade por meio da interação dos diferentes sujeitos e suas muitas vozes.

O registro dos dados ocorreu por meio de filmagens das aulas. A câmera foi mantida na posição lateral da sala de aula, com o intuito de minimizar sua interferência no ambiente natural. No início alguns estudantes relataram certo incômodo com a presença da câmera, mas percebemos que com o decorrer das aulas eles se acostumaram e passaram a se sentir à vontade com sua presença. A presença da pesquisadora também se tornou natural com o tempo, de forma que ela não interferiu de forma significativa nas discussões do grupo. Todos os registros são mantidos no Departamento de Química da UFMG, na base de dados do grupo GMEEQ – Grupo Multidisciplinar de Estudos em Ensino de Química.

Todas as aulas foram assistidas novamente e a partir delas foi criado um quadro descritivo contendo o detalhamento de todos os episódios das aulas de forma a criar uma visão geral do curso. A aula foi fragmentada utilizando os tempos entre o início e o término de uma discussão, sendo, portanto, em episódios temáticos. Os episódios de maior interesse foram transcritos e alguns fragmentos foram apresentados ao longo deste texto, organizados em quadros. O símbolo // representa uma pausa significativa na fala e o símbolo [...] representa um corte na sequência transcrita. Optamos por

pontuar as sequências transcritas para facilitar o entendimento, mesmo tendo presente que pontuação na transcrição de falas é considerada inferência.

Com base nos dados produzidos por meio desses quatro instrumentos e na análise que fizemos desses dados, chegamos aos resultados que apresentamos no próximo capítulo acompanhados da discussão.

CAPÍTULO IV – AS CONCEPÇÕES DOS PROFESSORES EM FORMAÇÃO: UM OLHAR INICIAL

A primeira atividade proposta na disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?” foi o preenchimento de um questionário, cujo intuito foi identificar algumas concepções relacionadas ao conhecimento científico e ao ensino de Ciências. Foi dado um tempo para que os estudantes respondessem às questões no horário da aula, ao fim do qual a professora iniciou as atividades programadas para a disciplina. A discussão realizada ainda na primeira aula trouxe mais uma série de questões que complementaram os temas abordados no questionário.

As duas atividades foram refeitas ao término da disciplina e, com isso, os participantes responderam novamente às questões e fizeram comentários sobre alguns assuntos tratados durante o curso. Por meio desses dados foi possível ter uma ideia inicial em relação à evolução de algumas concepções desses licenciandos envolvendo a Ciência e o seu ensino, a qual pode ter acontecido a partir dos temas propostos ao longo da disciplina.

Como já dissemos, o questionário contava com 16 questões divididas em três blocos: (1) sete questões sobre o perfil dos participantes (ano de ingresso no curso, modalidade, disciplinas pedagógicas cursadas, experiência profissional); (2) quatro questões envolvendo visões de ensino e papel do professor; e, por fim, (3) cinco questões envolvendo visões de Ciência e construção do conhecimento. Onze participantes responderam aos dois questionários. A licencianda Milena deixou de responder duas questões do bloco 3 no questionário inicial. O licenciando Samuel trancou o curso antes do término da disciplina, no entanto continuou com acesso à página virtual em que estava disponível o questionário e se disponibilizou a realizar a atividade.

A discussão em sala de aula contou com a participação de oito licenciandos na primeira aula e de sete na última. A primeira aula aconteceu na primeira semana do semestre letivo, que é conhecida como “semana de recepção de calouros”. Com isso, quando os professores estão envolvidos nas atividades com os calouros, algumas aulas não acontecem. Apesar de a professora ter deixado o calendário disponível no *Moodle* (página *on-line* de apoio às disciplinas presenciais), alguns estudantes não

compareceram. A última aula da disciplina aconteceu na última semana do calendário acadêmico, que tradicionalmente é a semana em que os estudantes possuem muitas provas. Por isso, alguns deles já haviam comunicado à professora que não poderiam participar. As duas aulas, no entanto, aconteceram normalmente. Nas demais aulas a presença dos alunos foi mais constante.

As questões que estão apresentadas no Quadro 8 foram propostas pela professora e discutidas pelos licenciandos durante as referidas aulas.

Quadro 8 – Questões discutidas na primeira e na última aula

Número da questão	Questão
1	É comum encontrar em redes sociais anúncios do tipo: “A Ciência comprova...”, “cientificamente provado...”, entre outras. Qual a validade desse tipo de informação? Qual o poder que esse tipo de afirmação tem na sociedade atual? O que significa ser cientificamente comprovado?
2	Quais são as bases para considerar um conhecimento científico ou não científico?
3	Sobre os produtos da atividade científica: trazem benefícios? Trazem conforto? Trazem problemas?
4	Discuta a frase “É função da Ciência produzir conhecimento. Não é responsabilidade do meio científico o que é realizado com o conhecimento produzido”.
5	Qual a diferença entre a Ciência dos cientistas e a Ciência da sala de aula? (Ou como uma se transforma em outra)

Apresentamos agora os dados coletados a partir das questões referentes às concepções relacionadas à Natureza da Ciência e algumas discussões que ocorreram nas aulas envolvendo esses temas. Posteriormente apresentaremos os resultados referentes às crenças envolvendo o Ensino de Química.

IV.1 – As concepções dos licenciandos envolvendo aspectos da Natureza da Ciência

Os dados coletados por meio do questionário permitiram identificar algumas concepções dos licenciandos sobre a natureza do conhecimento científico. Considerando os questionários inicial e final foi possível comparar as respostas e identificar algumas mudanças de posicionamento de alguns dos graduandos. A partir das questões do bloco 3 do questionário foram geradas categorias de análise. As categorias e os resultados estão expostos no Quadro 9. No quadro apresentamos algumas das visões que foram identificadas e quais estudantes apresentaram essas visões no questionário inicial e no final.

Quadro 9 – Visões da Ciência apresentadas pelos participantes

Código	Visão	Questionário Inicial	Questionário Final
A	Conhecimento absoluto e certo	Milena, Natália, Pedro, Samuel	Samuel
B	O conhecimento científico é provisório	Tamires, Augusto, Juliana, Patrícia	Milena, Natália, Pedro, Augusto, Juliana, Patrícia
C	Ciência empírica	Renata, Natália, Samuel	Samuel
D	Ciência como dependente da teoria	Tamires, Augusto, Pedro, Juliana, Patrícia	Tamires, Natália, Pedro, Augusto, Juliana, Patrícia, Renata

No Quadro 9 estão as visões que os graduandos apresentaram em suas respostas. Se o nome do graduando aparece na categoria é porque ele apresentou essa visão em uma ou mais respostas. É possível que uma concepção adequada apareça no questionário inicial, mas não apareça no questionário final. Isso não significa que a visão tenha mudado, mas apenas que o tema não foi abordado pelo graduando nas respostas. Consideramos um resultado significativo quando um graduando apresenta uma visão considerada ingênua no questionário inicial e a mantém no final ou quando ele muda a visão ingênua para uma visão mais adequada da NdC. Em alguns casos específicos não foi percebida evolução das concepções por meio das respostas dos questionários. No entanto, percebemos melhoras durante as entrevistas. Esses casos serão apresentados no Capítulo VI.

As categorias de análise foram criadas tendo como referência a lista de consensos da NdC proposta por Lederman *et al.* (2002). No entanto, a partir da análise dos dados do questionário, outras categorias emergiram, decorrentes da complexidade da natureza do conhecimento (Matthews, 2012). Importante dizer também que algumas categorias de Lederman *et al.* (2002) não se mostraram importantes diante dos dados e, por isso, não foram consideradas na análise; além disso, em algumas situações, optamos por sintetizar duas ou mais categorias em uma única. Em relação ao Quadro 9, as categorias A e C são consideradas visões ingênuas e as categorias B e D são consideradas visões adequadas da NdC.

É importante considerar também que as respostas dos licenciandos às questões dos questionários não são conclusivas em relação às suas concepções, mesmo que mostrem algumas semelhanças entre si. Ou seja, em alguns momentos as falas de dois ou três graduandos mostram semelhanças em alguns aspectos, mas podem se mostrar diferentes em outros. Da mesma forma, um mesmo licenciando pode apresentar uma

concepção adequada em uma categoria e em outras apresentar concepções inadequadas, circunstância essa que reforça o fato de considerarmos a análise dos questionários uma análise inicial, que vai se reconfigurar ao olharmos também para as entrevistas (capítulo VI).

IV.1.1 – Conhecimento absoluto e certo x Conhecimento provisório

Foi possível identificar a visão de Ciência como conhecimento absoluto e certo nas respostas iniciais dos estudantes Milena, Natália, Pedro e Samuel. Os demais não apresentaram essa ideia no questionário inicial. As respostas do questionário inicial de Milena, Natália e Pedro, que ilustram esse posicionamento, estão apresentadas no Quadro 10.

Quadro 10 – Respostas iniciais sobre o conhecimento científico – Visões que consideram a Ciência como verdade absoluta.

Milena	Natália	Pedro
<i>A Ciência busca a verdade apresentando cada dia mais novas teorias, discutindo, comparando e comunicando todas elas, mas também disposta a abrir mão se em contrapartida um fato não for verídico.</i> (Grifo nosso).	<i>A Ciência, diferente da religião, não é considerada verdadeira somente pela crença. É preciso uma série de estudos e experimentos para comprovar algum fato científico. [...] Teoria é uma ideia, uma hipótese. É apenas um conceito que não é considerado verdadeiro para todos e não é comprovado cientificamente.</i> (Grifo nosso).	<i>A Ciência busca achar respostas racionais para os questionamentos da natureza e obter evidências que as provem. [...] Uma teoria é uma proposição científica que foi testada repetidamente e provada ser verdadeira e sempre aplicável dentro de certas condições.</i> (Grifo nosso).

A licencianda Milena utilizou os termos “busca a verdade” e “fato não verídico”. Ao afirmar que a Ciência busca a verdade, ela poderia estar se referindo a um ideal ou meta da própria Ciência, que realiza amplos estudos para entender o “funcionamento” da natureza. No entanto, ao afirmar que a Ciência abre mão de um conhecimento caso ele se mostre como um fato não verídico, ela nos dá a entender que o conhecimento científico é algo verídico, mesmo que provisoriamente. Milena apresenta uma visão alinhada ao falsificacionismo de Popper, ou seja, considera que para o conhecimento científico ser válido, ele precisa ser testado rigorosamente e sobreviver a esses testes. Isso nos levou ao entendimento de que a sua concepção poderia ser classificada inadequada ou ingênua, pois, como explica Chalmers (1993), a história da Ciência

mostra que em muitos casos algumas teorias não puderam ser testadas e mesmo assim não foram abandonadas.

Pedro, por sua vez, apresenta um entendimento de que as teorias científicas são comprovadas por meio da repetição de testes que apresentam resultados sempre aplicáveis. Além de compartilhar da visão de Milena, de que o conhecimento científico é comprovado e verdadeiro, ele também parece apresentar uma visão indutivista da Ciência. Na perspectiva indutivista o conhecimento científico é produzido a partir de cuidadosa observação – o observador registra fielmente e sem preconceitos o que vê – e a partir disso são criadas afirmações que, se satisfeitas determinadas condições, podem ser generalizadas e, assim, tornarem-se afirmações universais (CHALMERS, 1993). Chalmers (1993) ressalta que esse tipo de visão é problemática, pois não é possível estabelecer o número de testes que são suficientes para comprovar uma afirmação, ou seja, “qualquer evidência observável vai consistir em um número finito de proposições de observação, enquanto que uma afirmação universal reivindica um número infinito de situações possíveis” (p. 42).

Ao afirmar que uma teoria foi testada inúmeras vezes e comprovada, Pedro mostra um desconhecimento do que seja uma teoria e reforça a visão indutivista de Ciência. Considerando as respostas desse licenciando, não há dúvidas de que considera a Ciência como formada por conhecimentos absolutos e certos.

A licencianda Natália também apresentou um conhecimento parcialmente adequado de teoria, mas que talvez seja apenas discurso originário de alguma discussão anterior – possivelmente em alguma disciplina do curso. Quando ela destacou a Ciência como superior à religião e afirmou que a Ciência comprova o conhecimento (diferentemente da religião), ela se colocou em contradição. Além de afirmar que o conhecimento científico pode ser comprovado, ela também apresenta uma visão de que o conhecimento científico é dependente da experimentação. Essa contradição nos levou a classificar as respostas de Natália como ingênuas ou inadequadas.

De acordo com Lederman *et al.* (2002) o conhecimento científico é considerado durável e confiável, mas não é um tipo de conhecimento absoluto e inquestionável. As teorias científicas são um sistema de explicações bem estabelecidas, normalmente baseadas em um conjunto de suposições que não podem ser testadas diretamente e

têm caráter provisório (LEDERMAN *et al.*, 2002). É considerada pelos autores como uma visão ingênua a ideia de que o conhecimento científico representa um conhecimento comprovado e verdadeiro. Os autores explicam que com o desenvolvimento tecnológico e teórico novas evidências surgiram e que, associadas a isso, houve mudanças nos cenários cultural e social, o que fez com que algumas alegações científicas sofressem alterações ou reinterpretações. Outro fato a ser considerado é que, independentemente do número de evidências empíricas, teorias e leis nunca podem ser absolutamente comprovadas.

Ao analisarmos as respostas do questionário final percebemos que esses três licenciandos apresentaram em suas visões mudanças relacionadas à validade do conhecimento científico. As respostas finais estão apresentadas no Quadro 11.

Quadro 11 - Respostas finais sobre o conhecimento científico

Milena	Natália	Pedro
<i>Tanto a Ciência quanto as outras formas buscam explicar o mundo por meio de teorias. A diferença é que na Ciência tais teorias passam por muitas transformações e descobertas até chegar a um modelo que esteja de acordo entre a maioria, mas que também está passível de erro no caso de surgir uma teoria melhor.</i>	<i>A Ciência é explicada por meio de modelos que foram definidos com experimentos, estudos, cálculos e teorias.</i> / Teoria é uma explicação de algo, um modelo. Uma teoria é feita quando não se tem certeza de algo, quando não é possível provar a verdade. (Grifo nosso).	<i>(...) uma teoria é um modelo para explicar algum aspecto da natureza, composto por um conjunto de conceitos e hipóteses muitas vezes testadas repetidamente e provisoriamente aceitas como verdade enquanto não puderem ser falseadas.</i>

Comparadas as respostas, pudemos perceber mudanças nas concepções desses licenciandos. Milena, ao considerar o caráter provisório do conhecimento científico e a ideia de que esse conhecimento precisa ser validado pela comunidade científica, mostra uma visão que não apareceu no início da disciplina. No primeiro questionário ela se referiu à “verdade” como meta da Ciência e nesse segundo ela trouxe o conhecimento científico como uma **explicação**. Além disso, ela considera o erro como uma possibilidade dentro da Ciência. Essas concepções estão mais alinhadas à lista de consensos proposta por Lederman *et al.* (2002), que defendem que o conhecimento científico está sujeito a mudanças à medida que novas evidências e estudos surgem.

Da mesma forma, Pedro mostra mudança em sua resposta relativa ao significado do termo “teoria científica”. No questionário inicial ele respondeu que uma teoria deveria ser “provada, ser verdadeira” por meio de repetidos testes. No

questionário final Pedro passa a considerar a teoria como uma forma de explicação que usa modelos e que é provisoriamente aceita. A partir desse comparativo consideramos que Pedro evoluiu ao abandonar a ideia de que o conhecimento científico é um conhecimento comprovado, apesar de ainda apresentar uma ideia reducionista da teoria científica, ou seja, ele considera que a natureza pode ser reduzida a modelos que a expliquem. Além disso, na resposta final Pedro apresenta uma visão alinhada ao Falsificacionismo de Popper ao falar que as teorias são “aceitas como verdade enquanto não puderem ser falseadas”, uma visão que também pode ser considerada ingênua. Apesar disso, argumentamos que houve evolução na sua visão da Ciência.

Natália, que já havia se referido adequadamente à teoria, passou a descrever melhor o seu significado. Com isso ela afirma que a Ciência é uma forma de explicação baseada em modelos e, nesse sentido, podemos observar que ela passou a considerar o caráter provisório da Ciência e que essa Ciência é apenas uma das muitas formas que existem de explicar o mundo. No entanto, em sua resposta permanece a dependência do experimento na Ciência, ideia que será discutida mais adiante.

Entendemos que os três estudantes apresentaram alguma evolução em suas concepções, levando em conta que reconheceram que a Ciência é uma das formas de explicar o mundo. Em suas respostas esses licenciandos deixaram de considerar o conhecimento científico como uma verdade absoluta e passaram a admitir sua natureza provisória. No entanto, há evidências de que algumas concepções problemáticas permaneceram, considerando que fizeram referências ao falsificacionismo e que se mostraram reducionistas. É importante considerar que essas mudanças de concepções ocorrem em um processo complexo. Em um imaginário já construído, as mudanças de concepção ocorrem pela reflexão, ao longo do tempo e não apenas em um conjunto de aulas. Portanto, esses questionamentos devem ser recorrentes ao longo do curso.

Dos quatro licenciandos que no questionário inicial apresentaram a concepção de que a Ciência comprova os conhecimentos que produz, não percebemos evolução apenas em Samuel. Em sua resposta inicial Samuel definiu a investigação científica como “positivista, lógica, racional”. O Positivismo é uma corrente filosófica que considera que o conhecimento só é validado depois de submetido a um rigoroso

método e que apenas o conhecimento científico pode ser considerado verdadeiro (RIBEIRO, 1984). Samuel citou o termo “positivismo” para definir o que é Ciência, embora não possamos afirmar que ele tivesse total domínio do que significa ser positivista, uma vez que ele não desenvolveu nenhuma afirmativa que deixasse claro o seu posicionamento. Ao responder o questionário final, Samuel voltou a citar o termo Positivismo e a sua resposta (Quadro 12) sobre teoria nos dá uma pista mais concreta sobre suas concepções.

Quadro 12 – Resposta final de Samuel

Essas Ciências são fundamentadas no positivismo, na investigação prática e analítica da natureza e da matéria presente no ambiente/ Teorias são formulações hipotéticas dos processos de produção científica que podem ser comprovadas por experiências analíticas ou refutadas.

A partir dessa resposta consideramos que Samuel iniciou a disciplina com a visão de que a Ciência representa um conhecimento verdadeiro e comprovado e, ao que parece, manteve essa ideia durante o período em que frequentou a disciplina (já que trancou o curso após a aula 10) e até o momento em que respondeu ao questionário.

Depois de responderem ao questionário os licenciandos participaram de uma discussão sobre Ciência com a professora da disciplina, valendo ressaltar que algumas questões foram apresentadas e debatidas por eles. Consideramos essa discussão como um complemento às respostas do questionário, pois ela nos permitiu ter mais clareza sobre algumas concepções dos licenciandos.

O grupo foi convidado a pensar sobre as frases “cientificamente comprovado” e “a Ciência comprova” veiculadas comumente na mídia e nas redes sociais para alegar a confiabilidade de algum produto ou informação. A professora pediu que os licenciandos comentassem qual a validade desse tipo de informação e qual o seu impacto na sociedade.

Os participantes da discussão comentaram que a imagem do cientista normalmente está associada a um homem vestindo jaleco branco e que essa imagem transmite confiabilidade. Essa visão remete ao que Gil-Pérez *et al.* (2001) chamam de visão individualista e elitista da Ciência, que ignora o papel coletivo na construção do conhecimento científico e valoriza a atuação de um gênio isolado que realiza grandes descobertas. Assim, é reforçada a ideia de que o fazer científico é reservado a

pequenas minorias e é essencialmente uma atividade masculina. Os licenciandos discutiram a existência desse tipo de imagem e como ela é normalmente associada à produção científica para reforçar a confiabilidade do que está sendo veiculado.

O licenciando Samuel levantou a questão de que um produto associado à Ciência se torna mais comercial: “transmite uma confiança, que é certo, e que não tem dúvidas sobre os benefícios que o produto vai proporcionar”. Augusto contribuiu com a discussão ao falar do uso de termos técnicos que remetem a Ciência, citando como exemplos os termos “quântico” e “nano”, usados para valorizar um produto ou uma ideia. Alguns estudantes fizeram críticas a esse uso e alegaram que nem sempre esses artefatos que são objetos de propagandas são produzidos de forma confiável e criticaram também a supervalorização do “científico”, tratado como algo inquestionável. Esse tipo de “propaganda” remete novamente à visão do conhecimento científico como absoluto e verdadeiro. Como afirmam Lederman *et al.* (2002), o conhecimento científico é confiável, mas não absoluto. Aparentemente os estudantes acreditam que a sociedade, de forma geral, usa essa visão da Ciência inquestionável para validar informações, produtos e serviços.

A discussão seguiu abordando a delimitação de um conhecimento, para que seja considerado científico ou não. Samuel citou o método e a técnica utilizada como um fator importante para que esse conhecimento seja validado. O grupo passou, então, a discutir como o conhecimento do cotidiano pode ser transformado (ou não) em conhecimento científico, usando como exemplo a utilização de chás terapêuticos como uma prática cotidiana e também o investimento da Ciência na identificação de seus princípios ativos com o objetivo de produzir novos fármacos, caso o princípio ativo realmente contribua para a cura de alguma doença.

O mesmo tema foi discutido na última aula do curso e percebemos que nessa aula a discussão seguiu pelo questionamento da validade do conhecimento científico. No Quadro 13 apresentamos um trecho dessa discussão.

Quadro 13 – Discussão em sala sobre a validade do conhecimento científico

Narrador	Transcrição da fala
<i>Patrícia</i>	<i>Significa ser o mais aceito pela comunidade científica [sua entonação coloca um pouco de dúvida].</i>
<i>Professora</i>	<i>Quando a gente sabe que um conhecimento é científico?</i>
	Conversas incompreensíveis entre os estudantes

Professora	<i>Quando é publicado?</i>
Professora	<i>Publicação normalmente exige avaliação por pares. Normalmente duas pessoas, validam isso? É suficiente para validar?</i>
	<i>A professora fala em citação de artigos</i>
Professora	<i>Normalmente ser citado é indício de que esse conhecimento está sendo aceito</i>
Pedro	<i>Essa questão também depende da repetição desses resultados. Um conceito para ser comprovado depende também da repetição desses resultados. Pessoas diferentes e em lugares diferentes.</i>
Professora	<i>Isso gira tudo dentro da comunidade científica, não existe como comprovar. Nós falamos muito entre conhecimento científico e senso comum. Qual o divisor desses conhecimentos?</i>
Tamires	<i>É o que a gente vem discutindo, aquilo que é aceito pela comunidade científica é considerado científico.</i> (Grifo nosso).
Professora	<i>Esse que a gente trabalha em sala de aula, não que os alunos levam. Ele é científico?</i>
Tamires	<i>Sim.</i>
Professora	<i>E temos 100% de confiabilidade nele?</i>
Tamires	<i>Eu aprendi a não usar as palavras verdadeiro, realidade. Aprendi a usar adequado e não adequado. Porque às vezes o conhecimento científico é empregado dessa forma, como realidade, é um fato. E não é, têm as teorias, as hipóteses, aquelas que são mais ou menos adequadas.</i>

Percebemos nesse trecho da discussão que os licenciandos – impulsionados pela professora – passaram a considerar práticas que a comunidade científica utiliza para validar o conhecimento, como a publicação de artigos e a citação desses artigos. Tamires argumentou que a aceitação pela comunidade científica é um forte indício de que pode ser considerado científico. Na perspectiva de Thomas Kuhn, a Ciência se constrói a partir de paradigmas que são modelos aceitos pela comunidade científica.

Pedro falou sobre a importância de os estudos serem replicáveis e utilizou a ideia de “conhecimento comprovado” para expor seu entendimento, apesar de no questionário parecer ter abandonado essa ideia. Percebemos que, apesar de uma evolução na forma como esses licenciandos explicavam o conhecimento científico, ainda circulava a ideia de comprovação de teorias científicas. Essa ideia foi rebatida quando a professora perguntou se o conhecimento científico é 100% confiável, e a licencianda Tamires assumiu o discurso, dizendo que preferia não usar o termo “verdadeiro” e sim “adequado” e “não adequado”, mostrando, assim, uma visão menos ingênua do processo. Percebemos que apesar das mudanças de concepções nos questionários algumas visões problemáticas sobre a Ciência ainda se mantinham, a exemplo da visão racionalista defendida por Pedro, que afirmou ser a evidência essencial para a Ciência. Nas palavras de Chalmers “são científicas apenas aquelas teorias capazes de ser claramente avaliadas em termos do critério universal e que

sobrevivem ao teste” (CHALMERS, 1993, p. 139). Tamires assumiu uma posição mais voltada para o relativismo, que defende que na Ciência o que é considerado melhor ou pior dependerá do indivíduo ou da comunidade que faz esse julgamento, de forma que os critérios que o relativista usa para julgar a validade de teorias científicas passam por seus valores, suas crenças e pelo sistema teórico adotado (CHALMERS, 1993). Vale ressaltar que Tamires estava em final de curso e seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi no campo da História da Ciência.

Voltando à questão proposta em aula, os licenciandos demonstraram perceber que instrumentos e termos científicos podem ser utilizados para atribuir confiabilidade científica a algo que não é científico, mas pareceram ainda confusos sobre como realizar esse julgamento. Na discussão que ocorreu no final da disciplina eles debateram algumas práticas importantes do meio acadêmico, mas ainda demonstraram um pouco de insegurança (observada principalmente porque, no trecho transcrito, a conversa ficou restrita a Patrícia, Tamires e Pedro). Talvez o fato de ter apenas sete estudantes presentes e de ser essa uma semana de provas, a atenção dos estudantes se dirigiu para outras disciplinas. A própria professora julgou ter sido essa estratégia (discussão coletiva) uma opção limitada para a última aula da disciplina.

IV.1. 2 – Ciência empírica x Ciência dependente da teoria

Consideradas as categorias C e D apresentadas no Quadro 9, podemos observar que a visão de Ciência essencialmente empírica esteve presente nas respostas dos licenciandos Renata, Natália e Samuel. As respostas analisadas indicam uma visão de que alguns campos da Ciência da Natureza, como a Física, a Química e a Biologia são dependentes de dados experimentais e, de acordo com Samuel, dependentes de “observações analíticas”. As respostas analisadas referem-se à questão que abordava o que diferencia as Ciências Naturais de outras formas de investigação como a Filosofia e a Religião. As respostas estão apresentadas no Quadro 14

Quadro 14 – Respostas iniciais dos participantes em relação à Ciência (empírica ou teórica)

Renata	Natália	Samuel
<i>Acredito que difere no método</i>	<i>[...] É preciso uma série de estudos</i>	<i>[...] É a observação analítica</i>

<i>como são feitas. A Química é uma Ciência experimental, logo, muitas vezes, é possível reproduzir em pequenas escalas os processos naturais e/ou interferir neles.</i>	<i>e experimentos para comprovar algum fato científico. [...]</i>	<i>dos fenômenos naturais, com o objetivo de compreender e intervir visando o bem e o desenvolvimento social. [...]</i>
--	---	---

Apesar do importante papel da observação e da experimentação para o desenvolvimento da Ciência é essencial considerar que nem todos os fenômenos podem ser observados diretamente, pois nem sempre os cientistas têm acesso direto a eles (LEDERMAN *et al.*, 2002). O trabalho do cientista, muitas vezes, é mediado por instrumentos que são construídos ancorados em uma base teórica definida, sendo que muitos objetos de interesse não podem ser estudados sem a utilização desses instrumentos. Um exemplo disso são os aparelhos de Ressonância Magnética Nuclear (RMN), que são utilizados na área da Química para a determinação de estruturas de compostos orgânicos e inorgânicos, entre outras utilidades. A observação e a identificação dessas moléculas são feitas sempre de maneira indireta e dependente da teoria na qual se baseou a construção do aparelho. Ao responderem que a Ciência é essencialmente experimental ou dependente da observação analítica, os estudantes podem estar considerando o conhecimento científico como essencialmente empírico e desconsiderando o papel da teoria em seu desenvolvimento.

Mesmo a observação direta nunca é neutra, ou seja, o olhar do observador sempre será influenciado por suas perspectivas teóricas. Portanto, é necessário considerar o papel da subjetividade na Ciência (GOODING, 2010). Para avaliar o papel da subjetividade, uma das questões trazia duas hipóteses utilizadas por grupos diferentes de cientistas para explicar a extinção dos dinossauros: uma relacionada à queda de um meteorito e outra relacionada à atividade vulcânica. A questão pedia para que os estudantes explicassem como, a partir dos mesmos dados, os grupos de cientistas chegaram a diferentes conclusões. Apresentamos no Quadro 15 as respostas de Renata e Natália.

Quadro 15 – Explicação dos estudantes para o fato de haver duas hipóteses concorrentes.

Renata	Natália
<i>Acho que chegaram a uma conclusão diferente porque, embora tenham acesso ao mesmo conjunto de dados, talvez esses não foram suficientes para formular uma hipótese mais concreta. Embora sejam hipóteses diferentes, é possível encontrar uma similaridade entre elas,</i>	<i>As duas conclusões são possíveis, pois foi um estudo sobre um fato que ocorreu há 65 milhões de anos, ou seja, sem muita prova e vestígio concreto.</i>

<i>por exemplo, que ambas se baseiam em catástrofes naturais.</i>	
---	--

Podemos observar que Renata justificou a presença de duas hipóteses diferentes para o mesmo fenômeno afirmando não existirem dados conclusivos, e que isso levou os cientistas a criarem várias hipóteses, o que nos dá a entender que, se os dados fossem suficientes, todos os grupos chegariam à mesma visão. Dessa forma, ela desconsiderou que as análises e conclusões dos pesquisadores dependem de suas escolhas teóricas. Encontramos uma interpretação semelhante na resposta de Natália que considerou que as diferentes interpretações ocorreram devido à falta de indícios conclusivos. Não devemos desconsiderar que os dados estudados realmente são antigos e, portanto, de difícil análise e que não há dúvidas em relação à falta de provas. No entanto, nas respostas oferecidas as licenciandas não consideraram a subjetividade dos cientistas ou dos pesquisadores. Essas visões parecem ter mudado no questionário final.

Quadro 16 – Explicação final das estudantes para o fato de haver duas hipóteses concorrentes

Renata	Natália
<i>Possivelmente ambos os grupos interpretaram os dados que tinham de formas diferentes. Isso significa que ter acesso aos dados não implica uma resposta certa e correta acerca de tal assunto.</i>	<i>As conclusões são diferentes, pois não existe uma verdade sobre o que aconteceu, ninguém esteve lá para provar. Somente existem evidências e cada um interpreta de um jeito.</i>

As licenciandas passaram a considerar as diferentes interpretações que os cientistas podem fazer do mesmo conjunto de dados e, dessa forma, a considerar o conhecimento científico como carregado de teoria e dela dependente. Renata mudou seu entendimento ao escrever que “ter acesso aos dados não implica uma resposta certa e correta acerca de tal assunto”. Nesse caso, além de considerar o papel da subjetividade, ela também deixou claro seu entendimento de que o conhecimento científico não se configura como um conhecimento absolutamente correto.

Apesar de percebermos essa evolução em Renata e Natália, em suas repostas a outras questões do questionário final elas continuaram considerando as Ciências da Natureza como “basicamente experimentais”, conforme resposta de Renata ao questionário final. Considerando que essas licenciandas, em algumas falas, demonstraram evolução no entendimento de que a Ciência não é unicamente empírica e que em outras mantiveram a visão da dependência da experimentação,

consideramos que os dados dos questionários não foram suficientes para entender a evolução de suas concepções. Por isso, optamos por explorar essas questões com mais profundidade nas entrevistas.

Em relação às respostas do licenciando Samuel percebemos que ele não mudou suas concepções no comparativo entre o questionário inicial e o final. Em relação à dependência da observação, no questionário final ele registrou que as Ciências da Natureza se baseiam “na investigação prática e analítica da natureza e da matéria presente no ambiente”, o que representa uma resposta muito semelhante à do questionário inicial. Ainda em relação à questão da extinção dos dinossauros, apresentamos as duas respostas de Samuel no Quadro 17.

Quadro 17 – Respostas de Samuel à questão envolvendo a extinção dos dinossauros

Questionário Inicial	Questionário Final
<p><i>Bem, ambas as hipóteses são plausíveis, sobretudo no que tange às alterações do ecossistema para que tenha ocorrido a extinção dos dinossauros em escala global. A hipótese do meteorito me parece mais aceitável, se durante as investigações científicas encontrar vestígios de tal catástrofe, que possivelmente, possa ter contribuído para as grandes e violentas erupções vulcânicas. Se não encontrar esses vestígios, a segunda hipótese é mais aceitável.</i></p>	<p><i>As duas teorias são hipóteses embasadas pela investigação científica, sendo que as investigações possuem métodos que podem diferenciar-se, se acaso prosseguirem com as investigações umas dessas duas linhas teóricas poderá ser confirmada pela riqueza de coleta de dados que podem endossar uma dessas duas teorias.</i></p>

Samuel parece entender a pesquisa científica como puramente analítica e, de certa forma, neutra. Em nenhum momento em suas respostas ele parece considerar a subjetividade dos pesquisadores, ou seja, ele parece entender que todas as escolhas dos cientistas são tomadas a partir de dados concretos e observações. Segundo suas respostas, haverá um momento em que uma das hipóteses prevalecerá sobre a outra, ou seja, a verdade virá à tona. Além disso, Samuel mostra, em sua resposta final, uma confusão em relação ao entendimento do que é teoria e o que são hipóteses. Com isso, considerando as respostas dos questionários, não percebemos evolução nas concepções de Samuel em relação ao empirismo da Ciência e ao papel da subjetividade na pesquisa científica.

IV. 2 – As influências sociais e culturais – Uma via de mão dupla

Um consenso importante em relação à Natureza da Ciência é a noção de que o cultural e o social afetam e são afetados profundamente pelo meio científico. Segundo Lederman *et al.* (2002) a Ciência é um empreendimento humano e, portanto, um produto cultural. Dessa forma, consideramos importante avaliar se os licenciandos consideram essa relação ao pensar no desenvolvimento científico. Ao analisar as respostas do questionário inicial e do final, percebemos que todos os participantes consideram que a Ciência influencia ou é influenciada de alguma forma pelo meio social e cultural. Percebemos, no entanto, algumas mudanças no questionário final em relação ao inicial. Um exemplo significativo é a resposta de Augusto, apresentada no Quadro 18.

Quadro 18 – Resposta de Augusto à influência que a Ciência sofre da sociedade

Questionário Inicial	Questionário Final
<p><i>A Ciência tem um caráter universal majoritário, mas traz consigo resquícios de valores sociais, culturais e políticos, não necessariamente em seus fundamentos, mas em seus objetos de investigação e também interpretação de dados. [...] Quando se fala em Ciências Exatas, que têm um campo de interpretação e abstração mais limitado, a Ciência se torna mais universal, até mesmo visando uma uniformidade de conceitos e teorias. (grifo nosso).</i></p>	<p><i>A ideia principalmente de um projeto depende desses valores. Dependerá daquilo que o pesquisador observa ao seu redor, então o meio no qual ele está inserido influencia diretamente em que o seu projeto será baseado. Por exemplo, no caso Haber, a população necessitava de comida para sobreviver, então algo que permitisse produzir comida em larga escala era necessário.</i></p>

Apesar de admitir a influência social e cultural na Ciência, Augusto considera, inicialmente, que essa influência é limitada principalmente nas Ciências Exatas. Para ele o meio social interfere apenas nos objetos de investigação e no momento da interpretação dos dados e não em seus fundamentos. Ele parece considerar que a construção do conhecimento científico ocorre em um processo mais analítico e lógico, e, portanto, menos suscetível às influências externas. Nesse sentido ele trata dessa influência como “resquícios”, parecendo considerar que ela não deveria existir. Ao responder o questionário final percebemos algumas mudanças na resposta de Augusto. Ele manteve a ideia de que a influência maior ocorre no “projeto”, o que nos deixa em dúvida se ele considera essas influências nas demais etapas do processo científico. No entanto, percebemos na sua resposta que ele não a entende mais como “resquício”, mas sim como uma influência direta e mais significativa. Ele utilizou como exemplo um dos casos trabalhados durante o curso para exemplificar seu posicionamento, explicando que as motivações de Fritz Haber para desenvolver

pesquisas sobre a produção da amônia estavam baseadas em uma necessidade da sociedade da época. A Europa, no final do século XVIII, utilizava fontes orgânicas de nitrogênio (restos de colheitas e excrementos de animais) como adubo para suas plantações e passou a procurar fontes alternativas de fertilizantes. Entre as alternativas estavam a importação de salitre do Chile e a produção de “água amoniacal”, proveniente da destilação seca do carvão mineral. No entanto, nenhuma delas era suficiente para atender à crescente demanda. Com isso, foram empreendidos diversos trabalhos científicos que visavam desenvolver um método viável para fixar nitrogênio, objetivo esse que impulsionou as pesquisas de Haber (CHAGAS, 2007). Portanto, consideramos que ocorreu evolução na percepção de Augusto em relação a como a Ciência, inclusive as Ciências Exatas, são influenciadas por valores culturais e sociais.

Como já colocado, todos os participantes responderam que a Ciência sofre influência de valores sociais, culturais, políticos, entre outros fatores. Dirigimos o olhar para as justificativas apresentadas, para termos uma ideia de que tipo de influência eles estavam tratando. O Quadro 19 mostra esses tipos de influências, tanto no questionário inicial quanto no final.

Quadro 19 – Tipos de influências sofridas pela Ciência, segundo os participantes.

Tipos de Influências na Ciência	Questionário Inicial	Questionário Final
Política	Natália, Juliana	Tamires, Pedro, Juliana
Econômica	Renata, Natália, Juliana	Renata, Tamires, Pedro, Juliana
Social	Natália, Pedro, Patrícia, Samuel	Milena, Samuel
Do contexto		Tamires, Natália, Augusto, Pedro, Juliana, Patrícia
Cultural	Renata	Milena, Patrícia

Em um olhar inicial para o Quadro 19, é possível perceber que, ao final da disciplina, o número de participantes que identificaram o tipo de influência sofrida pela Ciência aumentou significativamente. Alguns deles, inclusive, usaram exemplos da disciplina para ilustrar suas ideias. Outro resultado importante é que nenhum graduando indicou, em suas respostas iniciais, que o contexto influencia na Ciência. No questionário final, no entanto, essa influência foi citada por seis deles. As respostas de Natália são ilustrativas em relação a essas mudanças.

Quadro 20 – Respostas de Natália às influências que a Ciência sofre

Questionário inicial	Questionário Final
<i>Teoricamente a Ciência é universal. Mas ela reflete valores sociais e culturais, pois ela é baseada e financiada de acordo com interesses políticos e sociais. Como por exemplo, as guerras mundiais.</i>	<i>A Ciência é estudada e desenvolvida de acordo com a cultura e as necessidades de uma sociedade, e por isso é influenciada por elas. Por exemplo, o caso de Haber, que, como estudamos, por meio dos seus estudos, comandou o primeiro ataque com gás cloro, com a necessidade de vencer a guerra. Mas também devido à necessidade de maior produção alimentícia, ele desenvolveu, junto com outros cientistas, um meio de produzir amônia.</i>

No questionário inicial Natália já demonstrou entendimento de que a Ciência reflete valores sociais e culturais. Ela citou a questão econômica ao tratar do financiamento de pesquisas e também a dependência que essa pesquisa sofre dos interesses políticos e sociais. Percebemos que a licencianda desenvolveu mais sua resposta final e passou a considerar também a influência cultural e a do contexto. Para exemplificar sua resposta ela se valeu do caso Haber, levando em conta os diferentes interesses que permearam a vida do cientista e influenciaram seu trabalho.

As respostas da licencianda Juliana também apresentaram aspectos a serem considerados. Juliana apresentou concepções adequadas da NdC no questionário inicial, inclusive em sua resposta sobre a influência social e cultural na Ciência. Percebemos, no entanto, que ela demonstrou uma mudança de posicionamento em relação a como a Ciência influencia a sociedade. Parte de suas respostas estão apresentadas no Quadro 21

Quadro 21 – Respostas de Juliana sobre as influências da Ciência na sociedade

Questionário Inicial	Questionário Final
<i>Armas químicas e fármacos pesquisados são exemplos disso. Geralmente são encomendados e financiados por grandes corporações ou mesmo pelo Estado, visando lucro, poder, dominação etc.</i>	<i>[...] a Ciência traz conforto, facilidade, coisas antes impossíveis são reais e acessíveis, como a cura de alguma peste, os meios de transporte, cada vez menos fronteiras encontradas na comunicação. E as coisas vão sendo desenvolvidas de acordo com a demanda, principalmente dos interesses políticos e/ou econômicos por alguma coisa. A Ciência vai sempre refletir a sociedade da época.</i>

Ao falar das influências sobre a Ciência, no primeiro questionário, Juliana citou como exemplos as armas químicas, a pressão do estado e a pressão do poder econômico. Ela declarou que a Ciência depende do contexto social, político e

financeiro. Porém, os exemplos citados dão uma sensação de influência negativa. No segundo questionário ela passou a tratar da cura de doenças, do conforto trazido pelo uso da tecnologia, do desenvolvimento de meios de comunicação, ou seja, relatou exemplos que apontam para os benefícios da Ciência, além das pressões anteriores. Percebemos que Juliana desenvolveu uma visão mais ampla ao longo da disciplina, pois passou a utilizar argumentos de que a Ciência também se desenvolve para resolver demandas importantes da sociedade. Na entrevista realizada com a licencianda essa mudança em seu posicionamento foi explorada.

Para entender melhor as visões dos licenciandos sobre a interferência de fatores sociais e culturais na Ciência, analisamos também as discussões da primeira aula do curso. Ao serem questionados sobre os possíveis benefícios, conforto ou problemas que a atividade científica pode trazer, os licenciandos Marina, Augusto, Patrícia e Natália tiveram a seguinte conversa com a professora:

Quadro 22 – Discussão sobre os benefícios e malefícios da atividade científica – Início da disciplina

Narrador	Transcrição de fala
<i>Marina</i>	<i>A Ciência produz tudo né, mas eu acho que a Ciência não é [...] tem gente que quer criar coisas e nessa ânsia de criar coisas eu acho que força a criação. Então vão ter coisas que vão fazer bem e outras que nem tanto</i>
<i>Professora</i>	<i>Você consegue pensar em um exemplo?</i>
<i>Marina</i>	<i>Cosmético mesmo, muitos vão usar termos que vão fazer as pessoas comprarem [...]</i>
<i>Augusto</i>	<i>De limitar o estudo sobre aquilo, do impacto daquilo. Por exemplo, agrotóxico foi criado para trazer benefícios só que hoje tem estudos que eles podem fazer mal. [...] Então, tem esses dois lados: os objetivos de trazer os benefícios e às vezes não estudar muito a fundo aquilo e aquilo acabar trazendo mais malefícios que benefícios.</i>
<i>Marina</i>	<i>Tem o lado mais conveniente do uso...</i>
<i>Augusto</i>	<i>Existe um benefício a curto prazo, mas a longo prazo...</i>
<i>Patrícia</i>	<i>Eu acho que o intuito é sempre trazer benefícios, mas tem o efeito colateral. Por exemplo, tem medicamentos que são feitos para fazer o bem, mas têm efeitos colaterais. Eu acho que a ideia é sempre beneficiar, trazer conforto, avanços e tudo mais. [...]</i>
<i>Natália</i>	<i>Eu acho que tem de tudo, tem o mau e tem o bom. Depende do interesse, depende da necessidade de alguém, para a sociedade. Mas, pode trazer coisas ruins, todas as guerras mundiais... não foi para um bem... foi para o mal mesmo. Por interesse de algum país.</i>
<i>Professora</i>	<i>Arma química, por exemplo.</i>
<i>Natália</i>	<i>Isso, não foi por um bem, por um erro. Era uma coisa ruim mesmo.</i>
<i>Augusto</i>	<i>Quem descobriu esses produtos, a maioria não descobriu com a intenção de matar milhões de pessoas, mas a utilização disso acabou indo para esse lado.</i>

Augusto e Patrícia defenderam que a Ciência produz benefícios e que, algumas vezes, o conhecimento produzido acaba por gerar artefatos que trazem consequências ruins, principalmente a longo prazo. Eles argumentaram que o cientista ou

pesquisador não tem controle sobre o uso de suas descobertas e muito menos das consequências do uso inadequado delas. Augusto citou o exemplo dos agrotóxicos que, em sua visão, foram desenvolvidos para resolver problemas da produção agrícola, mas trazem prejuízos em longo prazo. Segundo Bull e Hathaway (1986), ao final da Segunda Guerra Mundial havia várias indústrias de armas químicas instaladas tanto na Alemanha quanto nos Estados Unidos. O advento da bomba atômica fez com que a guerra se encerrasse abruptamente, fazendo com que o novo tipo de armas deixasse de ser usado. Sem que fosse uma decisão organizada, aos poucos algumas dessas chamadas armas químicas foram sendo destinadas ao combate de pragas agrícolas, criando um novo mercado. Esses autores afirmam que os Estados Unidos produziam, em 1945, cerca de 19 milhões de toneladas desses produtos e, em 1975, essa produção estava em torno de 730 milhões de toneladas anuais. De um fim militar, alguns desses produtos passaram a ter um fim civil, na forma de “defensivos” agrícolas. Portanto, a visão apresentada por Augusto em relação aos agrotóxicos parece ser um pouco ingênua, uma vez que a Ciência, de alguma forma, sempre esteve presente na produção e no destino desses materiais.

Patrícia expôs sua visão de que a intenção do trabalho do cientista é sempre trazer benéficos, citando o exemplo de medicamentos que têm uma função importante no tratamento de doenças, embora possam causar efeitos colaterais. Natália discordou dessa visão do cientista como produtor apenas de conhecimentos “benéficos” e disse que os produtos das atividades científicas podem depender dos interesses envolvidos, interesses esses nem sempre nobres. A análise do diálogo nos levou a entender que alguns licenciandos já consideravam, no início da disciplina, que a atividade científica nem sempre causa um impacto positivo na sociedade. Contudo eles parecem ter dúvidas em relação às motivações dos cientistas para as suas descobertas. Patrícia e Augusto demonstraram a ideia de que o cientista não tem controle sobre como seu trabalho poderá ser utilizado posteriormente, de forma que ele não teria responsabilidade pelas consequências desse uso.

Para aprofundar na discussão envolvendo a responsabilidade da produção científica, a professora pediu a eles que discutissem a seguinte frase: “É função da Ciência produzir conhecimento. Não é responsabilidade do meio científico o que é realizado com o conhecimento produzido”. Ela propôs que os estudantes pensassem

em um cientista que produz um determinado corante e que depois descobre que seu produto pode causar câncer. A professora questionou a responsabilidade desse cientista sobre os efeitos do corante que criou. Apresentamos a discussão dos estudantes no Quadro 23.

Quadro 23 – Discussão em sala sobre as responsabilidades do meio científico

Narrador	Transcrição de fala
<i>Natália</i>	<i>Eu acho que se você não souber, se você produz e vende sem saber não “é culpa sua”. A pessoa não tinha ideia que aquilo iria se transformar em coisas ruins.</i>
<i>Juliana</i>	<i>Mas isso seria um entrave para o conhecimento. Se cada pessoa que for descobrir tal coisa for pensar “tal pessoa vai usar para isso, tal pessoa vai usar para aquilo”. Não tem como prever como as coisas vão ser usadas, você cria uma coisa não tem como saber todas as possibilidades que aquilo pode ser usado, a pessoa mesma não tem esse conhecimento. Ela só achou o corante! Ele pode ser usado para a Química, para a comida... Então a produção de conhecimento seria interrompida se pensar em todas as responsabilidades.</i>
<i>Renata</i>	<i>Os que vão usar é que têm que ter a ética [...]</i>
<i>Professora</i>	<i>Quem vai usar? As pessoas ou as indústrias?</i>
<i>Renata</i>	<i>As indústrias, que vão usar aquela sua patente</i>
<i>Samuel</i>	<i>Eu acredito que a responsabilidade é da indústria e não da instituição de pesquisa ou do cientista que produziu.</i>
	Silêncio
<i>Juliana</i>	<i>É uma questão de ética, é pessoal. É função da Ciência produzir conhecimento, cabe quem vai usar ter a ética ou não.</i>
<i>Pedro</i>	<i>A responsabilidade também é do meio científico, quem descobriu que o CFC causa malefícios foi o meio científico. O meio científico produz conhecimento, mas também é responsabilidade dele fazer os testes [...] entra a responsabilidade dos cientistas fazerem a pesquisa para que o governo crie leis. Mostrar os dados, só a partir das pesquisas e evidências que produz é que leva pressão às autoridades para fazer as legislações.</i>
	Conversa sobre transgênicos
<i>Professora</i>	<i>A Ciência é imparcial, não tem culpa?</i>
<i>Renata</i>	<i>A Ciência é parcial.</i>
<i>Natália</i>	<i>Eu também acho que é parcial.</i>

No trecho apresentado podemos perceber que alguns licenciandos consideraram que não é responsabilidade do cientista o uso que é feito de suas descobertas que levam à produção de artefatos que chegam à população. É marcante a frase “É função da Ciência produzir conhecimento, cabe quem vai usar ter a ética ou não”. Eles (Natália, Juliana, Renata, Samuel) discutiram que a responsabilidade principal deve ser da indústria ou daqueles que irão utilizar aquele conhecimento. A professora levantou a discussão sobre as motivações que a indústria, por exemplo, teria para o uso responsável de um determinado conhecimento e citou as questões econômicas. O licenciando Pedro apresentou um posicionamento diferente, indicando ser responsabilidade da Ciência o uso do conhecimento produzido. Ele também disse que

é responsabilidade do meio científico desenvolver pesquisas sobre os impactos dessa utilização e cobrar de governantes leis que regulamentem essas questões.

Gil-Pérez *et al.* (2001) discutem que é comum encontrar entre professores a visão “socialmente neutra da Ciência” (p. 133). Nessa visão, segundo os autores, é desconsiderada a relação da Ciência com a tecnologia e a sociedade, e o cientista é visto como um produtor de conhecimento alheio à “necessidade de fazer opções”, ou seja, ele não tem responsabilidade sobre o uso dos produtos de sua pesquisa. Na discussão presente no Quadro 23 percebemos que essa visão é compartilhada por Renata, Natália, Juliana e Samuel. Quando a professora indagou a eles se a Ciência é imparcial, Renata e Natália afirmaram que a Ciência é parcial, mas não defenderam essa afirmação. Percebemos nessas falas certa contradição nos entendimentos das licenciandas sobre o tema, pois, ao que parece, elas consideram que o meio científico deve ser responsabilizado apenas quando um determinado conhecimento ou produto é produzido já tendo clara sua intenção, seja ela pouco ética ou pouco benéfica para a sociedade. Apenas Pedro atribuiu responsabilidades aos cientistas, mesmo quando esses não têm a intenção de produzir algo nocivo. Ele defendeu ainda que seria obrigação do meio científico encontrar soluções para os problemas que gera.

Retomando o questionário inicial, todos os graduandos responderam que a Ciência sofre influência do meio social. No entanto, na argumentação realizada em sala de aula nos pareceu que eles defendiam a Ciência neutra (mesmo que Renata e Natália tenham afirmado que a Ciência é parcial). Renata, Natália, Juliana e Samuel demonstraram, tanto no questionário quanto na discussão, o entendimento de que o meio científico sofre influências sociais e culturais e que, quando atribuem responsabilidades, parece que o fazem apenas quando um determinado produto científico foi produzido com a intenção de ser nocivo, ou seja, um cientista não tem responsabilidade com o que é feito com sua descoberta. Essa ideia é também encontrada nos questionários, em respostas que defendem influências relacionadas aos financiamentos das pesquisas, a exemplo da produção de armas. Não foi possível perceber se ocorreu mudança de posicionamento em relação às responsabilidades dos cientistas ao final da disciplina, pois o assunto não voltou a ser abordado na discussão final nem foi comentado no questionário.

IV.3 – O que aprendemos da NdC por meio das análises do questionário e dos debates no início e ao final das aulas?

A partir dos dados apresentados percebemos que ocorreram melhoras em algumas concepções dos graduandos. Milena, Natália e Pedro apresentaram evolução no entendimento da Ciência como uma forma de explicar o mundo e na ideia de que o conhecimento científico é provisório. No entanto, em uma das discussões ao final da disciplina, Pedro retomou a ideia de que o conhecimento científico requer comprovação.

Renata e Natália demonstraram evolução no entendimento de que a Ciência não é unicamente empírica e de que as interpretações de fatos científicos dependem das escolhas teóricas adotadas. Também elas, em alguns momentos, mantiveram a visão da dependência da experimentação.

De maneira geral percebemos que todos os graduandos consideraram as influências sociais e culturais na Ciência em algum nível. Augusto apresentou evolução em relação a esse entendimento, uma vez que no início as considerava como “resquício” e no final passou a considerá-las como mais significativas. Percebemos também que ao término da disciplina os graduandos passaram a citar uma variedade maior de tipos de influências na Ciência. No entanto, percebemos que algumas concepções apresentadas no questionário não acompanharam as concepções apresentadas durante a discussão, a exemplo do entendimento em relação à neutralidade da Ciência.

É preciso considerar que o discurso de um estudante pode ter influenciado o discurso de outro e, com isso, as falas ora foram contraditórias, ora apenas acompanhando o colega. Com isso, a entrevista foi considerada como um instrumento importante para melhor apreender essas concepções e as possíveis contribuições que uma disciplina com caráter epistemológico pode trazer para a formação de professores.

IV.4 – As concepções dos licenciandos envolvendo o Ensino de Ciências

O questionário também abordou algumas concepções que envolvem o ensino de Ciências. Em suas respostas os graduandos trataram de características que julgavam necessárias para que um professor pudesse ser considerado um bom professor de Química e se manifestaram em relação ao tipo de professor que eles gostariam de ser. As respostas foram organizadas de acordo com as características esperadas de um bom professor, na opinião deles, apresentadas no Quadro 24.

Quadro 24 – Características de um bom professor segundo os participantes.

Característica	Questionário Inicial	Questionário Final
Domínio de Conteúdo	Renata, Tamires, Augusto, Pedro, Patrícia	Pedro, Patrícia, Letícia
Didática adequada	Milena, Renata, Natália, Pedro, Samuel	Letícia
Outras abordagens para o ensino	Tamires, Augusto, Letícia	Milena, Natália, Augusto, Pedro
Faz uso de Interações discursivas	Pedro, Renata	Milena, Renata
Considera o contexto	Juliana, Patrícia, Augusto	Augusto, Juliana, Samuel
Desenvolve o conteúdo usando diferentes aspectos do conhecimento químico (fenômeno, teoria e representação)	Natália, Augusto, Pedro	Milena, Pedro
Valoriza as relações afetivas	Renata, Augusto	Renata, Augusto, Milena, Tamires

Identificamos nas respostas dos graduandos as características que eles consideraram importantes no questionário inicial e no final e que podem contribuir para que o professor faça um bom trabalho em sala de aula. Os graduandos foram vinculados às características em função de terem feito menção a uma ou mais delas em quaisquer das respostas dos questionários, o que torna possível que sejam listados mais de uma vez no Quadro 24, caso tenham descrito mais de uma característica. Assim sendo, as características em que cada um se encaixou podem ser diferentes no questionário inicial e no final. Isso não necessariamente significa mudanças, já que uma determinada característica pode não ter sido abordada nas respostas, seja no questionário inicial ou no final.

Consideramos significativas as respostas que mostraram mudanças na visão do papel do professor em sala de aula, principalmente no uso de abordagens diferenciadas que mostrem um trabalho que vai além da transmissão organizada de informações, o que inclui a citação de abordagens utilizadas durante a disciplina.

IV.4.1 – O Domínio de Conteúdo

Inicialmente é possível identificar nas respostas dos graduandos uma forte valorização do conhecimento do conteúdo como uma característica importante de um bom professor. No Quadro 25 apresentamos alguns exemplos de respostas.

Quadro 25 – Domínio de conteúdo

Tamires	Renata	Pedro	Augusto	Patrícia
<i>Ser capacitado, explorar a pluralidade de abordagens e técnicas de ensino, ter domínio sobre o conteúdo. Saber incluir os alunos no processo de ensino e aprendizagem a fim de aproximar o conhecimento científico do aluno.</i>	<i>Considero que ele deva saber muito bem os conteúdos a serem discutidos e que saiba transmitir de forma clara, sempre solícito a orientar nas dificuldades. [...] Gostaria de ser a professora em que os estudantes possam confiar em levar para sala de aula discussões acerca de assuntos que eles gostariam de discutir [...] (Grifo nosso).</i>	<i>Acho que é necessário ter um bom domínio dos conteúdos da matéria e ter jogo de cintura para pensar em formas de explicar as mesmas coisas de maneiras diferentes, pois muitas vezes os alunos podem ter dúvidas ou ver as coisas de maneiras inusitadas, que requerem que o professor mude sua abordagem para ajudá-los a entender. (Grifo nosso).</i>	<i>Domínio do conteúdo, empatia para com os alunos, saber identificar os aspectos gerais da turma e trabalhar de forma a melhor atendê-los.</i>	<i>Ser comprometido com o processo de ensino aprendizagem, se atualizar sempre quanto às constantes evoluções da Ciência, preocupar-se com que o aluno realmente aprenda, e não apenas memorize ou decore. [...] ensinar da melhor forma para o contexto em que a turma estiver inserida.</i>

Dos dez graduandos que responderam a essa questão cinco falaram em conhecimento de conteúdo, como pode ser visto no Quadro 25. Apesar do domínio de conteúdo ter sido citado como um dos pontos importantes, em algumas respostas ele aparece atrelado a outras características. Por exemplo, Renata e Pedro ressaltaram o conhecimento de conteúdo e falaram também de outras possibilidades para a sala de aula. Patrícia falou da importância de se estar atualizado com as evoluções científicas e também falou do trabalho com o contexto. A licencianda Tamires considera fundamental o conhecimento de conteúdo aliado à “pluralidade de abordagens e técnicas de ensino”.

Segundo Carvalho e Gil-Pérez (2011), existe um consenso praticamente geral entre os professores de que o conhecimento aprofundado sobre “o que ensinar” é essencial para a prática docente. O conhecimento de conteúdo é uma dimensão muito importante dos conhecimentos que um professor precisa adquirir, afinal, é sua função ensinar esses conteúdos. Além disso, não dominar os conhecimentos científicos que irão lecionar é um dos principais fatores que faz com que os professores não se arrisquem em atividades inovadoras, permaneçam como transmissores de informações e desencorajem possíveis questões colocadas pelos estudantes em sala de aula (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011; GESS-NEWSOME, 2001).

Como era esperado, os graduandos demonstraram valorização do conhecimento de conteúdo. Ao responder o questionário inicial alguns deles apresentaram a visão de que para ensinar basta dominar o conteúdo e algumas técnicas de explicação, sem considerar, ao que nos parece, pelo menos não como uma habilidade essencial, outras características importantes para o professor. As respostas dos graduandos Renata, Augusto e Pedro são um indicativo de que esses licenciandos ainda mantinham uma visão tradicional de ensino e do papel do professor até o momento em que passaram a frequentar a disciplina, ou seja, consideravam como uma boa aula aquela que é centrada em um professor que “explica bem” os conteúdos. A resposta da licencianda Tamires mostra que ela valorizava o conhecimento de conteúdo, embora afirmasse que um bom professor precisa dominar abordagens e técnicas de ensino.

Quando comparamos as respostas iniciais com as do questionário final percebemos que a frequência com que os graduandos citaram o conhecimento de conteúdo passou a ser menor. Além disso, percebemos que eles passaram a considerar em suas respostas outras características importantes para um bom professor, ou pareceram dar uma importância maior a elas. O fato de vários graduandos não terem citado novamente o conhecimento de conteúdo não significa que eles deixaram de valorizá-lo, mas pode ser um indicativo de que essa característica deixou de ser prioritária para alguns deles. Dos que tinham citado o domínio do conteúdo no questionário inicial, apenas Pedro e Patrícia o fizeram no questionário final. Suas respostas estão apresentadas no Quadro 26.

Quadro 26 – Respostas finais de Pedro e Patrícia sobre as características de um bom professor

Pedro	Patrícia
<i>Para mim o bom professor de Química deve saber o conteúdo, mas, mais importante, deve ter recursos de ensino, como boas analogias e modelos, que evitem a criação de concepções equivocadas pelos alunos. Além de também ter repertório de representações para as ideias e conceitos da Química.</i>	<i>Acima de tudo considero indispensável que o professor domine o conteúdo da disciplina que irá lecionar. Assim busque transmiti-lo da forma mais adequada ao público/turma em questão, considerando as especificidades da mesma. Sempre atento ao desempenho, desenvolvimento e evolução da turma – assim verificando a necessidade de mudança de abordagem, de aulas extras, de uma avaliação adicional, de atenção a alunos com mais dificuldade etc.</i>

Percebemos pela resposta de Pedro que mesmo considerando importante o domínio do conteúdo, ele reforçou que o uso de diferentes recursos de ensino (como o uso de analogias, modelos e representações) é essencial para garantir a aprendizagem do aluno. Consideramos que ocorreu mudança de posicionamento de Pedro ao deixar de defender apenas o conhecimento de conteúdo atrelado a boas técnicas de explicações e passar a considerar recursos alternativos como “mais importantes”. Patrícia, no questionário final, deixou mais clara sua opinião sobre o conhecimento de conteúdo e manteve uma visão mais tradicional citando termos como transmissão de conteúdos.

Mesmo considerando a manutenção de algumas posturas iniciais, mudanças puderam ser percebidas, o que nos mostra um entendimento mais elaborado do papel do professor em sala de aula, o que pode ser confirmado nas análises a seguir.

IV.4.2 – Abordagens de ensino

Foi possível perceber alguns posicionamentos sobre o uso de diferentes abordagens em sala de aula. Encontramos nas respostas menções ao que chamamos, no Quadro 24, de didática adequada, ou seja, aquele professor tradicional que “explica bem”. Os graduandos falaram também das interações em sala de aula e da promoção de discussões e de algumas outras abordagens como o uso de multimodalidade e experimentos. Algumas respostas iniciais estão apresentadas no Quadro 27 e também no Quadro 25.

Quadro 27 – Respostas iniciais sobre abordagens de ensino

Milena	Natália	Samuel	Augusto
<i>Que ele tenha e siga um cronograma bem definido, tenha uma boa didática explicativa e esteja aberto a tirar as dúvidas pertinentes dos alunos. (Grifo nosso).</i>	<i>Primeiramente que ele tenha uma boa didática, que explique bem e faça com que sua aula seja interessante. (Grifo nosso).</i>	<i>Lecionar sempre se preocupando em correlacionar termos técnicos/científicos com vocabulários de simples compreensão. (Grifo nosso).</i>	<i>[..] Sair apenas do normal, (livros, quadros, slides) e tentar torná-los mais protagonistas, [...] desenvolver experimentos, utilizar exemplos do cotidiano [...]</i>

Uma característica muito presente nas respostas dos graduandos foi a didática adequada, ou seja, aquele professor que é capaz de desenvolver boas explicações para fatos científicos. Essa característica foi citada no questionário inicial pelos licenciandos Milena, Renata, Natália, Pedro e Samuel. Milena e Natália utilizaram o termo “boa didática explicativa”, Renata falou em “transmitir de forma clara o conteúdo” e Pedro abordou a capacidade do professor em explicar de formas diferentes o mesmo conteúdo. Já Samuel falou da importância de transformar vocabulários “técnicos/científicos” em um vocabulário compreensível para os estudantes.

Ao responder o questionário inicial alguns graduandos apresentaram a visão de que, para ensinar, basta dominar o conteúdo e algumas técnicas de explicação e não pareceram considerar, pelo menos não como uma habilidade essencial, outras características importantes para o professor. As respostas dos licenciandos Milena, Natália, Samuel e Pedro são um indicativo de que esses licenciandos ainda mantinham uma visão tradicional do ensino e do papel do professor, ou seja, consideravam uma boa aula aquela centrada em um professor que “explica bem” os conteúdos.

Nas respostas dos graduandos Renata, Tamires e Augusto (Quadro 25) podemos perceber que, no questionário inicial, eles também consideraram outras abordagens de ensino. Ao falar sobre o tipo de professora que gostaria de ser, Renata falou em trazer para a sala de aula discussões que os alunos pudessem se envolver. Percebemos em sua resposta uma vontade de desenvolver aulas em que a participação dos estudantes seja maior, ou seja, uma aula que não esteja centrada no professor na totalidade do tempo. Essa maior participação é citada também por Augusto que utilizou o termo “aluno protagonista”. Tamires falou da importância do professor em desenvolver uma “pluralidade de abordagens” e da importância de

entender questões pedagógicas, mas ela não especificou quais seriam essas outras abordagens.

No questionário final percebemos que foi menor a frequência com que foi citada a didática adequada, no sentido de explicar bem. Milena, Natália, Pedro e Augusto mudaram um pouco o conteúdo de suas respostas e passaram a valorizar outras abordagens de ensino. As respostas estão no Quadro 28.

Quadro 28 – Respostas finais sobre abordagens de ensino

Milena	Natália	Augusto	Pedro
<i>O professor tem que saber se comunicar bem com os alunos. Propor uma aula dinâmica, saber ouvi-los, levar em consideração o que eles falam até chegar ao conceito desejado, saber representar o conteúdo das mais diversas maneiras possíveis (gestos, escrita, fala, incorporação, imagens, desenhos, objetos etc.). [...]</i>	<i>[...] deve buscar formas de chamar a atenção desses alunos, para que eles tenham interesse em aprender, e buscar modos diferentes para atender às necessidades de cada um, se possível. [...]</i>	<i>[...] formas diferentes de ensinar, diferente de apenas ir à frente da sala, explicar o conteúdo e pronto. Gosto da ideia de tornar o aluno protagonista e atuante nas aulas. Gosto de utilizar diferentes representações, experimentos, [...]</i> Pretendo demonstrar como aquilo que ele está aprendendo pode ser utilizado na prática	<i>Para mim o bom professor de Química deve saber o conteúdo, mas, mais importante, deve ter recursos de ensino, como boas analogias e modelos, que evitem a criação de concepções equivocadas pelos alunos. Além de também ter repertório de representações para as ideias e conceitos da Química.</i>

Natália apresentou uma resposta mais geral e não especificou o que considerava “modos diferentes” de atender às necessidades dos estudantes, embora ela parecesse considerar outras formas de trabalho em sala de aula. Os licenciandos Milena, Augusto e Pedro apresentaram exemplos mais específicos e citaram o uso de representações como um recurso importante de ensino. Milena falou da comunicação, da interatividade e do uso da multimodalidade em sala de aula. Consideramos que houve uma grande mudança no comparativo entre o questionário inicial e o final de Milena.

Observamos que Milena apresentou respostas bem diferentes quando fazemos um comparativo entre as respostas do questionário inicial e as do final. Inicialmente Milena apresentou uma visão mais tradicional de ensino e do papel do professor, pois, como já mostramos, o modelo de bom professor mencionado por ela foi aquele que utiliza boa didática, mas mantém o foco nele mesmo. Além disso, ela não expressou, em sua resposta no início da disciplina, a vontade de utilizar outras abordagens. Ao

analisarmos sua resposta final percebemos uma grande diferença de posicionamento. Milena tratou da importância da comunicação em sala de aula considerando os diferentes modos de linguagem e tratou da interação entre o professor e os alunos para propiciar o desenvolvimento de conceitos. Com isso, arriscamos dizer que as visões de ensino de Milena passaram por grandes transformações durante o período em que cursou a disciplina. Ressaltamos que observamos mudanças como essas também em relação a Pedro e Augusto.

IV.4.3 – Relações com o conteúdo

Nesse item estamos inserindo tanto o item “considera o contexto” quanto o item “desenvolve o conteúdo usando diferentes aspectos do conhecimento químico”, já que ambos tratam da relação do professor com o conteúdo.

O trabalho com o contexto foi citado por Juliana e Patrícia no questionário inicial e por Juliana e Augusto no questionário final. A partir da análise das respostas de Juliana percebemos que ela já apresentava algumas concepções adequadas sobre a NdC e também uma visão de ensino menos atrelada ao modelo tradicional. Uma vez que licencianda fez menção ao trabalho com o contexto nas respostas de ambos os questionários, podemos afirmar que ela valorizava esse tipo de trabalho em sala de aula. Patrícia (no questionário inicial) e Augusto (no final) citaram a importância de trabalhar a Química a partir da realidade do estudante. No caso de Augusto suas respostas reforçaram nossa percepção de que ele passara a questionar o ensino tradicional baseado na transmissão de conceitos e a considerar outras abordagens para sua prática futura.

Os níveis de representações da Química foram citados no questionário inicial pelos graduandos Natália, Augusto e Pedro, e por Milena e Pedro, no questionário final. Segundo Wartha e Rezende (2011), Johnstone propôs o ensino de Química a partir de três níveis do conhecimento, no qual a Química apresenta três componentes, que compõem os vértices do Triângulo de Johnstone: macro e tangível; molecular e invisível; simbólico e matemático. Atualmente esses três níveis são tratados como fenomenológico ou macroscópico, teórico e representacional ou simbólico. De acordo com Wartha e Rezende (2011), o entendimento de conceitos químicos é dificultado

quando seu ensino é baseado em apenas um dos níveis, ou seja, é importante que sejam trabalhados considerando os três vértices do triângulo.

Por meio das respostas dos licenciandos, percebemos que alguns consideraram esse tipo de abordagem para o melhor entendimento da Química. Destacamos as respostas de Milena aos dois questionários.

Quadro 29 – Respostas de Milena aos questionários inicial e final

Questionário Inicial	Questionário Final
<i>Tentar explicar por meio das mínimas e essenciais transformações os fenômenos que movem o mundo.</i>	<i>Ensinar tudo aquilo que está ao nosso redor macroscopicamente, por meio de fenômenos, os conceitos e as transformações que acontecem microscopicamente. Estas, portanto, são teorias que se reformulam periodicamente na tentativa de explicar o nosso mundo.</i>

Milena, no questionário inicial, considerou o nível macroscópico para definir o que seria ensinar Química e deixou subentendido que vai ensinar submicroscopicamente. Ao analisarmos sua resposta final, no entanto, percebemos que ela passou a considerar o ensino de Química como um processo muito mais complexo, que passa pelo submicroscópico e pelo macroscópico, e que em outros momentos ela tratou das representações como um processo importante no ensino de Química. Novamente, percebemos uma grande evolução de Milena em relação as suas visões sobre o ensino de Química e o papel do professor.

CAPÍTULO V – UM OLHAR PARA AS AULAS DA DISCIPLINA “QUE CIÊNCIA É COMUNICADA EM SALA DE AULA?”

Neste capítulo apresentamos a análise de discussões ou episódios da disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?” que fornecem evidências de contribuições formativas. Essa análise será importante para entendermos como alguns conceitos foram trabalhados ao longo da disciplina e como algumas reflexões aconteceram. Os episódios ou temas a serem analisados foram selecionados ou com base na quantidade de menções durante a entrevista ou em função da importância no contexto da pesquisa.

Considerando as opções feitas para essa análise, dividimos essa parte do texto nas análises de alguns estudos de caso históricos, do caso dos anticoncepcionais e das aulas em que foram exploradas as Representações Multimodais.

V.1 – Os estudos de caso

Ao analisarmos os questionários e as entrevistas (cuja análise está descrita no Capítulo VI) percebemos que os estudos de caso foram significativos para que os licenciandos tivessem um contato mais direto com alguns momentos da história da Ciência e desenvolvessem alguns entendimentos mais adequados em relação à Natureza da Ciência. Para entender como se deu esse processo selecionamos três estudos de caso, os mais citados durante a entrevista e na avaliação da disciplina, e que geraram as discussões que consideramos interessantes. Esses casos foram: Leituras múltiplas sobre a Ciência e o seu desenvolvimento – Caso Becquerel (aula 3); Leituras múltiplas sobre a Ciência e o seu desenvolvimento – Caso Rosalind Franklin e a dupla hélice do DNA (aula 4); e Leituras múltiplas sobre a Ciência e o seu desenvolvimento – caso Haber (aula 6). Apresentamos a análise detalhada de cada um dos episódios.

V.1.1 – A subjetividade no trabalho do cientista

Na aula 3 a licencianda Renata apresentou dois textos referentes ao caso Becquerel: *Como Becquerel não descobriu a radioatividade* (MARTINS, 1990) e

Hipóteses e interpretação experimental: a Conjetura de Poincaré e a descoberta da hiperfosforescência por Becquerel e Thompson (MARTINS, 2004). Após a apresentação da licencianda a professora iniciou a discussão desses textos com a turma.

Os textos trabalhados faziam um relato histórico do trabalho de Antoine Henri Becquerel e um fenômeno que ele tentou explicar usando a hiperfosforescência, e que mais tarde foi nomeado de radioatividade. Henri Becquerel fez parte da terceira geração de uma família de cientistas. Uma das principais contribuições de seu pai, Alexandre-Edmond Becquerel, foi o estudo da fosforescência e da fluorescência. Antoine Henri Becquerel ficou conhecido por estudar a relação entre os raios X e a luminescência. Em sua contribuição mais famosa para a história da Ciência, Becquerel percebeu que sais de urânio eram capazes de sensibilizar chapas fotográficas mesmo sem a presença de radiação solar. Considerando seu histórico familiar e as perspectivas teóricas que adotou ao longo de sua carreira, Becquerel explicou seus achados a partir da teoria da luminescência. Porém, não conseguiu resultados promissores e, por isso, acabou por perder o interesse por aquele estudo, abandonando-o. Marie Curie, que era próxima de Becquerel, retomou esses estudos, nomeando os raios encontrados por ele como Raios de Becquerel.

Marie e Pierre Curie, posteriormente, descobriram que o tório emitia o mesmo tipo de radiação. Marie Curie conseguiu isolar outros átomos radioativos e propôs que o fenômeno da radioatividade estava relacionado a uma propriedade atômica.

Segundo Martins (2004), Becquerel sempre descreveu as radiações do urânio como um tipo de fosforescência invisível de longa duração. Marie Curie foi quem atribuiu a denominação “radioatividade” para esses raios. Em relação a isso Martins (2004) afirma:

Pode-se dizer que não foi Becquerel quem chamou a atenção do mundo para um fenômeno novo e estranho. Foi graças aos trabalhos de Schmidt e Curie que as radiações emitidas pelo urânio (e tório) foram claramente discernidas de outros efeitos, e se tornaram proeminentes. Foi Marie Curie e não Becquerel quem rejeitou o nome “hiperfosforescência” e cunhou o nome “radioatividade”, abandonando a conjectura de Poincaré e chamando a atenção do mundo científico para uma nova classe de fenômenos. Pode-se considerar que Marie Curie foi responsável não apenas pelo nome “radioatividade”, mas também pelo estabelecimento da radioatividade como um novo campo de pesquisas. Foi principalmente graças ao trabalho de Curie, com a descoberta do tório, do polônio e do rádio, em 1898, que tornou o assunto amplamente conhecido e discutido (MARTINS, 2004, p. 512).

A contribuição e a importância desses trabalhos renderam aos três, Marie Curie, Pierre Curie e Henri Becquerel, o Prêmio Nobel de Física de 1903. No entanto, em alguns livros didáticos Becquerel aparece como o “pai da radioatividade”, desconsiderando o papel de Marie Curie (MARTINS, 1990).

Após a apresentação que Renata fez dos dois textos, propostos pela professora, que continham esse histórico das descobertas relacionadas à radioatividade, a professora retomou os acontecimentos principais. A licencianda Tamires demonstrou uma maior familiaridade com o caso e em alguns momentos complementou com informações que não estavam presentes nos textos lidos. Vale lembrar que durante a disciplina essa licencianda estava finalizando seu TCC, relacionado à atuação de mulheres cientistas na Ciência.

A professora chamou a atenção dos licenciandos para como a perspectiva teórica adotada inicialmente por Becquerel foi decisiva para a maneira como o cientista conduziu sua pesquisa. Ela fez a seguinte colocação:

Professora: A ideia é ver o que guia um pesquisador durante a pesquisa?

[Pausa]

Professora: Nesse caso foi a crença que ele tinha no fenômeno que ele já estudava. Foi aquele fenômeno que ele já estudava que ele usou para explicar as coisas. E depois, outros pesquisadores repetiram os experimentos dele e diziam: “*nesse experimento não tem refração, não tem reflexão... não tem*”. Mas, ele descrevia que tinha. Ele assim fazia porque, pela teoria dele, tinha que ter e era isso que aparecia nas comunicações dele. Ele acabou errando, ao que parece, por causa de uma teoria interior muito forte. Uma crença muito forte em alguma coisa.

Tamires apresentou alguns detalhes de como Marie Curie isolou alguns compostos radioativos e foi capaz de estudar com mais propriedade o fenômeno. Os licenciandos chegaram à conclusão de que a cientista teve uma visão mais clara do fenômeno. Continuando a discussão o licenciando Pedro comentou sobre o cenário científico da época ao lembrar que a teoria atômica vigente na época era a de Dalton e que o elétron ainda não havia sido descoberto.

Pedro: Tem que levar em consideração também que nessa época o modelo atômico era o do Dalton. O Thomson publicou a pesquisa dele que trata da descoberta do elétron posteriormente. Então, nessa época, eles não tinham muita ideia de como era o átomo ainda.

Professora: Os estudos deles eram empíricos. Eles criavam explicações não embasadas nos conhecimentos que temos hoje.

Pedro: É interessante ver como as pesquisas estão relacionadas no tempo.

Tamires: Uma das coisas também era que Becquerel foi muito influenciado por Poincaré, ele seguiu muito. E Marie não tinha essa influência tão pesada dessa proposição dele, que

acho que foi um dos pontos que deu essa liberdade de poder pensar além do que estavam pensando na época.

É possível perceber que professora alertou para o pouco desenvolvimento das teorias científicas na época e que as pesquisas realizadas eram empíricas, ou seja, baseadas na experiência. Eles pareceram entender que o trabalho do cientista é dependente do contexto em que está inserido e do aparato tecnológico disponível na época. Tamires trouxe a influência da Conjetura de Poincaré para as conclusões de Becquerel.

Uma das questões com as quais os cientistas da época se debruçavam era a natureza dos chamados raios X. Os raios X foram observados pela primeira vez por Wilhelm Conrad Röntgen, embora na época não se compreendesse a natureza desses raios e como eles eram produzidos pela descarga elétrica nos tubos de Crookes. Poincaré propôs que existia uma relação entre os raios X emitidos no tubo com a luminescência.

Portanto, é o vidro que emite os raios de Röntgen, e ele se torna fluorescente ao emití-los. Podemos nos perguntar se todos os corpos que possuem uma fluorescência suficientemente intensa não emitiriam os raios X de Röntgen, além de raios luminosos, seja qual for a causa de sua fluorescência (POINCARÉ, 1896, p. 56 *apud* MARTINS, 2004).

Becquerel foi muito influenciado pelo trabalho de Poincaré e tentou explicar o fenômeno da radioatividade utilizando a mesma linha da Conjectura de Poincaré. Em alguns momentos essa insistência de Becquerel em explicar um fenômeno por meio da hiperfosforescência foi chamada de “dogma”, pois ele não foi capaz de abrir mão de sua crença inicial. A persistência em algumas teorias científicas ou, em alguns casos, a disseminação de teorias científicas estabilizadas pode diminuir a capacidade dos cientistas em criar novas explicações ou abordagens para fenômenos observados (KHUN, 2012). Thomas Kuhn, em seu artigo *Função do dogma na investigação científica*, defende que o dogma faz parte da Ciência e é inerente a ela (KUHN, 2012).

O entendimento de que as perspectivas teóricas influenciam a conduta de um pesquisador é importante para entender o processo científico. Essa perspectiva foi tratada por Feyerabend, que argumenta que a liberdade de escolha de um cientista é limitada por seu contexto social e pelas situações vividas (CHALMERS, 1993). Essa perspectiva rompe com a ideia de que os cientistas analisam os dados apenas de forma lógica, racional e neutra. É importante considerar a subjetividade na Ciência,

pois a observação direta de um fenômeno nunca é neutra e sempre será influenciada pelas perspectivas teóricas dos cientistas (GOODING, 2010). Conforme já descrito no capítulo IV, alguns professores em formação (Renata e Natália) demonstraram, comparados o questionário inicial com o final, terem mudado de perspectiva em relação à subjetividade no trabalho do cientista. Essa mudança pode ser decorrente das discussões em torno do trabalho de Becquerel e Marie Curie envolvendo a radioatividade.

V.1.2 – O Prêmio Nobel e as Mulheres na Ciência

A discussão sobre a contribuição de Becquerel e sua fama de “pai da radioatividade” levou os licenciandos a refletirem sobre o merecimento em compartilhar o prêmio com o casal Curie e o lugar histórico que as mulheres têm tido na Ciência. O diálogo apresentado na seção anterior prosseguiu da seguinte forma:

Professora: A ideia que nos dá lendo o artigo é de que, para o Becquerel, estava tão difícil de convencer as pessoas de que era fosforescência, de que era aquilo que ele acreditava que era, que ele abandonou os estudos em função disso. Em vez de ele mudar de ideia e perceber que “eu não conheço, vou pesquisar isso”, parece que ele desanimou com aquilo e abandonou essa pesquisa.

Tamires: Mas ganhou o Nobel.

Professora: Vocês não dariam o Nobel para ele?

Tamires: Sim, mas ele desanimou e mesmo assim ganhou o Nobel.

Professora: Vocês dariam o Prêmio Nobel para ele hoje?

Samuel: Eu daria. Ele não fez uma pesquisa mais aprofundada igual a Marie, mas ela se baseou um pouco nas notas que ele publicou. Foi uma linha de raciocínio, lógico que ela foi muito além.

Renata: Eu não daria, porque se não fosse ela ir lá e perceber que os raios de Becquerel têm um “negócio”. Por ele, jogava na gaveta e acabou! Ela não...

Professora: Ela nunca tratou nas publicações dela como um novo raio, ela sempre citou como raio de Becquerel.

Renata: Mas naquela época dar um prêmio Nobel para uma mulher era difícil.

Tamires: Inclusive ela só conseguiu o laboratório depois que ela estava casada. Ela não conseguiu antes.

Renata: Imagina que ela ia ganhar isso sozinha!

Podemos perceber que Tamires questionou o motivo de Becquerel ter sido incluído no Prêmio Nobel de 1903 que laureou o casal Curie e o próprio Becquerel pela descoberta da radioatividade. Ao serem questionados se o prêmio foi merecido ou não, alguns licenciandos discordaram. Samuel disse acreditar que ele mereceu, uma vez que apenas com as descobertas de Becquerel é que Curie pode continuar os estudos. Renata discordou do colega, pois considerou que essas descobertas poderiam

ter ficado esquecidas se a cientista não continuasse a pesquisa. Essas colocações trouxeram a discussão sobre a questão da mulher na Ciência.

Ao longo da história do Prêmio Nobel de Física, de 1901 a 2020, apenas quatro mulheres foram laureadas com o prêmio. Foram elas: Marie Curie, em 1903, que dividiu o prêmio com Becquerel e Pierre Curie por suas contribuições com os estudos da radioatividade; Maria Goeppert-Mayer, em 1963, que dividiu o prêmio com J. Hans Jensen pelas descobertas relacionadas à estrutura das camadas nucleares; Donna Strickland, em 2018, que dividiu o prêmio com Arthur Ashkin e Gérard Mourou por descobertas inovadoras no campo da Física do laser; e, por fim, Andrea Ghez, em 2020, que dividiu o prêmio com Reinhard Genzel pela descoberta de um objeto compacto supermassivo no centro de nossa galáxia⁶. Vale notar que, além do número reduzido de mulheres laureadas ao longo dos quase cem anos de premiação, todas elas receberam em conjunto com homens. Esse foi o questionamento feito pelas licenciandas Tamires e Renata. De acordo com Lino e Mayorga (2016) a Ciência se configura como um campo de poder em que as mulheres têm estado em desvantagem. As autoras argumentam que a cultura hegemônica atual tem seus pilares no sexismo e no androcentrismo e que isso se reflete no meio científico.

O assunto foi novamente abordado durante a aula 4 no caso “Ciência: leituras múltiplas sobre a Ciência e o seu desenvolvimento – DNA”. Os licenciandos fizeram em sala a leitura do texto *Rosalind Franklin e a Dupla Hélice do DNA*. O texto apresenta informações sobre o trabalho dos cientistas que a partir de 1950 trabalhavam para elucidar a estrutura da molécula de DNA. Em 1951 Rosalind Franklin foi convidada para participar de um projeto no *King’s College* de Londres que tinha por objetivo analisar o DNA utilizando técnicas cristalográficas. Franklin deveria trabalhar em conjunto com Maurice Wilkins, mas também nesse caso parece ter havido problemas (ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA; ARAGÓN, 2016), como relataremos mais adiante. Nessa mesma época, Francis Crick e James Watson estavam no laboratório Cavendish, em Cambridge, trabalhando com a construção de modelos hipotéticos de metal, papelão e outros materiais, usando como inspiração os modelos tridimensionais de Pauling. Os

⁶ Informações obtidas no *site*:

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Laureados_com_o_Nobel_de_F%C3%ADsica#:~:text=John%20Bardeen%20%C3%A9%20o%20%C3%BAnico,e%20Andrea%20Ghez%20\(2020\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Laureados_com_o_Nobel_de_F%C3%ADsica#:~:text=John%20Bardeen%20%C3%A9%20o%20%C3%BAnico,e%20Andrea%20Ghez%20(2020).). Em 17/10/2020

dois cientistas, no entanto, acreditavam que seriam necessários dados mais precisos para discutir a estrutura do DNA.

Rosalind Franklin, após um meticuloso trabalho, aperfeiçoou as técnicas para obter “fibras de DNA de alta cristalinidade” e percebeu que a molécula de DNA apresentava diferentes formas (que ela chamou de forma A e forma B) dependendo da umidade do meio. Franklin obteve a famosa foto 51 da Forma B⁷ que facilitou a identificação da forma B como uma hélice. Em 1953, segundo Acevedo-Díaz, García-Carmona e Aragón (2016), Wilkins teria apresentado a Watson e Crick a foto 51 e a partir dela eles puderam desenvolver seu modelo de molécula. Segundo Acevedo-Díaz, García-Carmona e Aragón (2016), Watson e Crick “elaboraram seu modelo com base em suas próprias ideias, como o aparecimento de bases nitrogenadas, e com dados de DNA fornecidos por outros pesquisadores” (p. 4). Esses dados, ao que parece, incluíam a “Foto 51” de Franklin. Em 1961 Crick dividiu o Prêmio de Medicina e Fisiologia com Watson e Wilkins e nas conferências dos vencedores Rosalind Franklin nem sequer foi citada.

Após a leitura do texto os licenciandos discutiram sobre o desconforto que sentiram em relação à história de Rosalind Franklin. Transcrevemos a seguir um trecho desse debate:

Renata: Década de 50, uma mulher inteligentíssima. Sai de uma posição da qual a mulher é colocada, de ser a que procria e que cuida da casa. Ela sai dessa posição e prova simplesmente que o DNA é isso que a gente conhece. Prova praticamente. É claro que ela vai ser punida por isso e vão colocar ela novamente naquela posição de submissão. Que foi o que o Wilkins fez com ela. E eles não se davam.

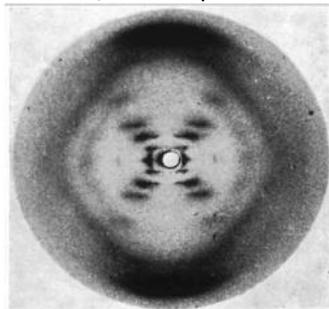
Milena: Mas uma questão também importante é que o pai dela não queria que as filhas dele fizessem Ensino Superior. Então essa coisa de enfrentar já vem antes do Wilkins [...]

Natália: É, talvez teve isso de ele não querer e ela bater de frente igual ela fez com o pai e talvez ela já era uma mulher assim.

Renata: Mas a mulher não foi criada para ser uma cientista. Não foi educada para ser uma cientista. Na hora que ela sai e é uma cientista ela vai ser punida por isso.

Samuel: Mas quem foi educado para ser um cientista?

⁷ A foto 51, tirada a partir de cristalografia em raio X, apresenta a forma B da estrutura do DNA.



Fonte: (ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA; ARAGÓN, 2016, p. 4).

Renata: Homem é educado para ter uma vida pública.

Samuel: Acho que é uma vontade particular de você querer ir além.

Natália: Você acha que é só particular? Você não acha que é da sociedade?

Samuel: Por exemplo, vou citar uma mulher, uma das poucas da Ciência que ganhou dois Prêmios Nobel: a Marie Curie. Ela, acredito que teve dificuldades na época dela, sendo patriarcal. Mas, se ela não tivesse essas dificuldades eu acho que ela teria ido além também.

Natália: Ela iria mais além, com certeza.

Samuel: Ela transformou essas coisas, alimentou mais a vontade dela.

Professora: Eu já me perguntei uma vez. Se o marido dela não tivesse morrido ela seria a Marie Curie que a gente conhece hoje? Porque se fazia pesquisa com radioatividade. Tinha lá o casal Curie e de repente o marido morreu e as pesquisas continuaram dando resultados na mesma velocidade. O que indica que ela era a grande responsável, mas se ele não tivesse morrido será que ela iria aparecer?

Samuel: Eu penso às vezes na Psicologia Reversa, ela estimula a pessoa a querer provar o contrário. Provar que você está errado. Mas, acho que essa vontade é de cada um, é muito pessoal.

Milena: Mas você tem várias pessoas na sua própria casa falando que você não vai fazer isso e não fazer aquilo. Isso já influencia muito mais do que a própria coisa que você está querendo descobrir.

Renata: A psicologia reversa não funciona o tempo todo. Um dado é que no curso de psicologia 84% do curso é cursado por mulheres e apenas 15% da parte de pós-graduação e cargos altos do departamento de psicologia são ocupados por mulheres. Se fosse a psicologia reversa talvez teríamos mais mulheres nesses cargos mais altos de poder.

Augusto: Acho que psicologia reversa funciona para casos raros. Mas, ela serve mais para atrapalhar. Por exemplo, a mulher quer ser cientista. Se ela não tivesse obstáculos ela iria se destacar muito mais e seria um número muito maior de destaques. Funciona é o incentivo mesmo e a oportunidade.

A discussão teve foco na participação feminina ao longo da história da Ciência. Muitos participantes consideraram injusto a pesquisadora não ter sido reconhecida por sua contribuição e chamaram a atenção para o machismo na Ciência e a dificuldade das mulheres em ocupar espaços que são tradicionalmente masculinos. As licenciandas Renata e Milena abordaram essas dificuldades e chamaram a atenção para o machismo presente na história de Rosalind Franklin. Samuel questionou se a escolha pela área científica seria relacionada ao incentivo ou à aptidão. O grupo argumentou que as mulheres são pouco incentivadas a seguir carreiras ligadas à Ciência.

Chassot (2004) explica que na história, de forma geral, as mulheres participaram pouco dos processos decisórios e que encontramos poucos nomes femininos entre os grandes das artes, da política, da filosofia e até mesmo entre as figuras controversas da história. Isso, logicamente, irá se refletir na participação das mulheres na Ciência. Apesar dessa participação ter aumentado nos últimos anos, ainda estamos longe de apresentar um cenário igualitário entre homens e mulheres (GROSSI *et al.*, 2016). Hunt (2016) mostra que as taxas de desistência de mulheres são

comparativamente maiores nos campos da Engenharia e Ciências e que os salários recebidos pelas trabalhadoras mulheres são em média também menores. Chassot (2004) afirma que as explicações para o machismo na Ciência remontam a questões sociais e históricas com base nas quais a nossa sociedade foi culturalmente construída.

Segundo o autor:

Marie Curie continua sendo quase a única cientista citada nas aulas e se difundem estatísticas desatualizadas, destinadas a mostrar que as meninas são congenitamente incapazes de aprender Matemática. Quando as meninas se destacam em Matemática é porque são esforçadas, mas quando esta é a situação de meninos é porque são inteligentes. Mesmo que se saiba ser essa premissa falsa, ainda hoje a situação é reforçada (CHASSOT, 2004, p. 22).

O caso foi importante para que os licenciandos refletissem como aspectos culturais e sociais são capazes de influenciar as relações do meio científico. Ao entenderem a Ciência como uma construção humana, alguns desses licenciandos passaram a considerar que o meio social no qual os cientistas estão inseridos afeta suas decisões, suas relações, suas escolhas e a importância dos estudos que realizam frente à comunidade especializada. A Ciência é carregada de tensões e de acontecimentos que espelham as relações sociais presentes na sociedade. O caso da elucidação da estrutura do DNA foi um dos mais citados durante as entrevistas para explicar que a Ciência não é neutra e carregada de tensões, e também para problematizar a participação feminina nesse espaço.

Por fim, destacamos as participações da licencianda Tamires nas discussões dos casos históricos. A licencianda desenvolveu seu trabalho de conclusão de curso com o tema Mulheres na Ciência e isso nos ajudou a entender seus posicionamentos ao longo da disciplina. O caso de Tamires é um exemplo da importância da recorrência desses assuntos ao longo da formação dos futuros professores e mostra como os entendimentos vão se solidificando à medida que os licenciandos têm a oportunidade de entrar em contato com aquele conteúdo em diferentes momentos e com diferentes análises. Na entrevista de Tamires abordamos com mais profundidade esse assunto.

V.1.3 – A neutralidade da Ciência

A aula 6 – Leituras Múltiplas sobre a Ciência e o seu desenvolvimento: Caso Haber – apresentou um importante e controverso personagem da história da Ciência, o químico alemão Fritz Haber. O caso foi apresentado pelas licenciandas Patrícia e Natália e os textos propostos para leitura foram *Uma vida dedicada à Química* (HOFFMANN, 2007) e *Aspectos históricos da Síntese da Amônia* (CHAGAS, 2007).

No final do século XVIII as fontes de nitrogênio utilizadas na agricultura eram provenientes de meios naturais como excrementos, restos de colheita ou do salitre. Nessa época eram grandes os esforços para se obter fontes alternativas de nitrogênio, pois o aumento da produção agrícola levou ao aumento de sua demanda. Embora a atmosfera terrestre seja composta de cerca de 70% de gás nitrogênio (N_2), na época, no entanto, a reação química que permite converter N_2 e H_2 em amônia (NH_3) apresentava rendimentos muito baixos e inviabilizava o processo. Em 1908, em colaboração com Le Rossignol, Haber projetou e construiu um aparelho que submetia uma mistura de gás nitrogênio e gás hidrogênio a altas pressões e obteve rendimentos consideráveis na reação de obtenção da amônia. Seu trabalho foi de grande importância e permitiu a produção industrial de compostos de nitrogênio, usados como fertilizantes. Durante a Primeira Guerra Mundial Haber foi designado diretor do Serviço de Guerra Química da Alemanha e se tornou o primeiro a desenvolver armas químicas para uso bélico (gás cloro, 1915), o que o levou a ser conhecido como o “pai das armas químicas”. Em 1918 foi condecorado com o Prêmio Nobel de Química por sua contribuição para a síntese da amônia (CHAGAS, 2007).

Após as apresentações dos textos a professora discutiu os aspectos históricos relacionados ao caso e perguntou para cada um dos licenciandos se eles dariam o Prêmio Nobel a Haber. A seguir transcrevemos a discussão que ocorreu durante a aula.

Professora: Vocês dariam o Prêmio Nobel a Haber?

Tamires: Se for olhar apenas a parte da amônia, com certeza é um grande salto, ele fez uma descoberta que os outros cientistas não conseguiram. Só que o fato de ele ter sido patriota gerou um peso muito grande, porque o patriotismo dele em favor da Alemanha fez com que ele produzisse vários produtos científicos como esse gás, por exemplo. Eu não classificaria ele como ruim, mas ele cria Ciência em função da necessidade política do país dele.

Professora: Você daria o Nobel a ele se você estivesse na comissão julgadora?

Tamires: Mas, tem a questão do patriotismo [...], não consigo separar a questão. Imagino que as pessoas que julgaram o prêmio naquela época também não conseguiam separar isso. Por isso o atraso da premiação...

Samuel: Eu daria o prêmio, porque a contribuição dele também foi para a agricultura.

Augusto: Eu daria também. Pensando nessa contribuição dele. Essa parte do gás cloro foi controversa, na verdade a vida dele inteira foi controversa. Mas olhando exclusivamente o trabalho da amônia eu daria sim.

[...]

Letícia: É difícil até de falar se eu daria ou não. Se a gente fosse olhar para uma neutralidade da Ciência, que a gente já discutiu que não existe, a gente iria olhar só a contribuição. Mas como não é neutra, olhando por outro lado, ele merecia pela descoberta, mas se olhar no todo... acho que não.

[...]

Patrícia: Por isso eu daria, porque o Nobel é de Química. Então é para descobertas químicas, sem dúvida é uma das maiores descobertas. Eu acho que ele merece.

Tamires: O ganhador do Nobel ganha muita visibilidade, depois que ele ganha visibilidade por aquele trabalho e para toda sua linha de pesquisa. Não dá para considerar só a contribuição que ele fez. Falando na neutralidade da Ciência a gente estaria vendo só uma contribuição, mas, e todo o resto que ele vai fazer depois que ele ganhou o Nobel? E tudo o que ele fez antes? E todas as contribuições científicas que ele fez e foram questões políticas favorecendo um país que depois todo mundo viu como inimigo. Não tem como você considerar só a contribuição dele. Não tem.

[...]

Patrícia: Eu acho que os livros não colocam o lado ruim de Haber porque eles só citam ele para falar da amônia. Se você olhar só isso é bom, né?, aí para entrar nos outros casos entraria em 1ª guerra e viraria história.

Tamires: Contribuiria muito melhor para o aluno entender que a história não é linear, que é feita de rupturas. Se você contasse essa parte histórica que foi apresentada hoje traria uma contribuição enorme para os livros.

Patrícia: Eu li um TCC falando para usar a história do Haber na formação de professores, trazendo essas problematizações, tirar essa ideia de Ciência neutra e pronta.

No trecho apresentado acima percebemos diferentes perspectivas dos licenciandos em relação ao julgamento da postura assumida por Haber durante a Primeira Guerra Mundial. Alguns, como Patrícia, Samuel e Augusto, defenderam que Haber realmente deveria ter recebido o prêmio, mesmo com seu histórico relacionado às armas químicas. Patrícia, por exemplo, argumentou que Haber ofereceu uma grande contribuição para a Ciência e para agricultura ao desenvolver o processo de obtenção da amônia, e também que, ao levar em conta que o Prêmio Nobel de Química premia contribuições da Ciência, os outros aspectos não deveriam ser considerados. As licenciandas Letícia e Tamires defenderam que o cientista não deveria ter recebido o prêmio, pois mesmo que ele tenha dado uma importante contribuição, ele também utilizou o conhecimento científico para criar armas químicas que tiveram um efeito devastador na guerra. Elas usaram como justificativa a não neutralidade da Ciência e o fato de que as ações de Haber foram muito influenciadas pelas questões políticas e históricas da época. Pouco depois, Tamires e Patrícia

lembraram de como esse tipo de assunto é tratado nos livros didáticos, que normalmente não abordam esses aspectos duais em relação aos cientistas, o que poderia reforçar essa imagem da neutralidade da Ciência.

O Prêmio Nobel foi criado por Alfred Nobel, químico e industrial que ficou conhecido por inventar a dinamite, o que o deixou muito rico. O uso militar de sua invenção o deixou incomodado e, por isso, determinou em seu testamento que sua fortuna deveria ser destinada à criação da Fundação Nobel com o objetivo de premiar todos os anos aqueles que servissem ao bem da humanidade, definindo cinco categorias: Paz, Literatura, Física, Química e Medicina (MARTINS, 2015). Desse ponto surge o questionamento de Tamires e Letícia, ao ressaltarem que toda a contribuição de Haber deveria ser avaliada, uma vez que não existe neutralidade na Ciência.

Por meio dessa discussão é possível perceber que os licenciandos refletiram sobre as responsabilidades que os cientistas têm em relação a suas próprias pesquisas, inclusive do uso posterior que é feito delas. Gil-Pérez *et al.* (2001) mostram que a visão socialmente neutra da Ciência, em que os cientistas são vistos como “seres acima do bem e do mal e alheios à necessidade de fazer opções” (p. 133), é comum entre professores e precisa ser questionada. Em seu trabalho, Latour e Woolgar (1997) analisam as complexas relações no meio científico e mostram que a Ciência não é distinta de outras práticas sociais. Ou seja, a pesquisa científica é uma construção humana que sofre grandes influências do contexto no qual está inserida e que também o influencia.

A discussão foi importante, pois mais do que avaliar o merecimento do prêmio para Haber, os licenciandos puderam refletir sobre como questões políticas e sociais influenciam a Ciência e como a figura dos cientistas é apresentada em livros didáticos em geral, que desconsideram os papéis que desempenharam e mostram apenas suas contribuições, o que pode reforçar a imagem de uma Ciência neutra. Percebemos, durante a análise dos dados, que essa reflexão foi importante para que os licenciandos mudassem algumas concepções sobre a Ciência ao longo do curso, como o caso de Augusto, que passou a considerar a influência social na Ciência.

Outros estudos de caso tratados na disciplina também ofereceram contribuições importantes. Destacamos esses três, pois, como já dissemos, foram citados várias vezes pelos participantes durante a entrevista.

V.2 – Os anticoncepcionais – Uma controvérsia contemporânea

Durante a aula 9, “Ciência e a tecnologia em questão”, a professora propôs que as licenciandas Tamires, Letícia, Milena e Marina realizassem um júri simulado com o tema “Anticoncepcional em questão”. A professora disponibilizou o caso “A Pílula”, construído por Albertor, Buccini e Quadros (2020), reproduzido no Anexo 2, e as licenciandas se dividiram em duplas para realizar o simulado. Tamires e Letícia fizeram o papel do médico e apresentaram argumentos baseados nas consequências do uso da pílula anticoncepcional sobre a saúde da mulher para aconselhar a personagem do “caso” a não usar a pílula. Marina e Milena apresentaram argumentos baseados nos direitos da mulher em decidir sobre o próprio corpo e em ter liberdade para fazer uso da pílula. As duas duplas de licenciandas apresentaram seus argumentos e a turma discutiu as questões propostas. Abaixo apresentamos algumas das discussões que se seguiram.

V.2.1 – Os dados contraditórios sobre a segurança das pílulas anticoncepcionais

As licenciandas Tamires e Letícia apresentaram as polêmicas sobre o uso de pílulas anticoncepcionais e os riscos associados à saúde da mulher. Elas fizeram a leitura de uma bula de uma determinada pílula e contaram que tiveram dificuldades de encontrar artigos científicos com estudos sobre os efeitos para saúde do uso desse tipo de medicamento. O seguinte diálogo ocorreu:

Natália: Quem tem TPM muito forte não tem outra escolha que não a hormonal.

Tamires: Você pode tomar o hormônio que causa o problema.

Natália: E se esse hormônio não funcionar?

Tamires: Eu comecei a tomar por isso: minha questão é hormonal. Mas o próprio médico disse que é questão de teste. Você pensa: vou colocar minha vida em risco, nova e saudável para fazer teste?

Renata: Eu estava lendo uma entrevista de uma pesquisadora que disse que no mercado existem várias quantidades e que o médico deve olhar com a mulher o histórico e predisposição de doenças e que podem ser pensados em métodos alternativos. Mas que muitas mulheres de baixa renda não têm acesso a esse tipo de informação. E ocorre a automedicação.

Tamires: É muito dinheiro envolvido.

Renata: Nessa mesma entrevista tem muitos estudos sobre as contraindicações da pílula, mas são controversos.

Tamires: A ideia é que mesmo quando a pílula foi lançada já existia essa preocupação sobre as consequências. Muitos médicos não falavam dos riscos, e você vai tomar um

medicamento continuamente sem saber dos riscos. De acordo com as discussões que estamos tendo aqui nas atividades é a questão de conhecer, ter acesso ao conhecimento.

Renata: Quem tem que fazer é o profissional de saúde, mas eles fazem?

Samuel: Então deveria proibir o uso então.

Marina: Não.

Augusto: Uma das dificuldades de estudo é que quando foi lançado teve altas taxas de hormônio e que ao longo do tempo foram diminuindo e isso dificultou comparar os efeitos colaterais.

Nesse diálogo os licenciandos discutiram as controvérsias do uso das pílulas anticoncepcionais e como esse uso precisa de uma orientação individualizada por parte dos médicos, o que muitas vezes não ocorre. Eles exploraram a dificuldade que a Ciência tem para comprovar a segurança do medicamento e como aparecem dados contraditórios em relação ao assunto, e também abordaram as influências sociais e a importância de se ter acesso à informação para tomar decisões.

Rodrigues (2019) fez um estudo das razões de um número crescente de mulheres em idade fértil recusarem o uso de anticoncepcionais hormonais. A autora mostra que é possível encontrar na mídia, na *internet* e em redes sociais diversos depoimentos e campanhas contra o uso da pílula. As razões elencadas por esses movimentos referem-se ao aumento das chances de desenvolver doenças como o câncer e a trombose. São colocados também os efeitos colaterais comuns como diminuição da libido e as alterações de humor ao longo do ciclo menstrual (RODRIGUES, 2019). Além disso, movimentos que pregam a valorização do feminino, a volta de métodos contraceptivos tradicionais e o conhecimento do próprio corpo têm ganhado força na *internet*. Rodrigues (2019) apresenta também outros motivos, além da questão contraceptiva, que levam algumas mulheres a usar a pílula, a exemplo da regulação do ciclo menstrual e do tratamento de endometriose. A autora argumenta que a escolha pelo uso ou não da pílula passa pelas controvérsias científicas, pelos saberes populares, pela indicação médica e por uma série de outros fatores que podem influenciar nessa decisão.

Um caso interessante envolvendo tomada de decisão aconteceu com a licencianda Tamires. Em uma aula anterior a licencianda procurou a professora para fazer alguns esclarecimentos sobre o trabalho. Tamires perguntou à professora o motivo de ter escolhido o anticoncepcional como tema do júri simulado, uma vez que ele não apresentava nenhum tipo de polêmica. A professora sugeriu a ela, então, conversar com uma professora do setor de Química Orgânica do Departamento de

Química da UFMG, que já havia realizado algumas palestras envolvendo esse assunto, sem informar à licencianda qual era a postura da professora de Química Orgânica em relação ao uso da pílula. Não sabemos se a professora foi realmente contatada por Tamires, mas em dois momentos ficou muito claro o efeito desse júri simulado sobre a licencianda. Em uma conversa com a professora da disciplina ela contou que tinha a intenção de nunca mais fazer uso de pílulas anticoncepcionais devido aos estudos que fez em relação aos efeitos colaterais desse medicamento. Tamires comentou que já havia entrado em contato com seu médico para analisar formas alternativas de controle de natalidade. Na avaliação da disciplina ela reafirmou publicamente esse posicionamento.

V.2.2 – Feminismo e a responsabilidade masculina e feminina na concepção

Marina e Milena seguiram com a discussão apresentando o posicionamento em relação aos direitos da mulher em decidir sobre o próprio corpo e em ter liberdade para fazer uso da pílula. As licenciandas apresentaram um histórico de como a pílula chegou ao mercado e como o seu uso foi importante para o empoderamento feminino, a consolidação da mulher no mercado de trabalho e a importância da prevenção da gravidez, principalmente, para mulheres jovens e carentes. Os licenciandos se engajaram na seguinte discussão:

Juliana: Não sei se um médico passa uma receita de anticoncepcional para uma menina de 16 anos para evitar a gravidez. Quando passa é para essas questões hormonais.

Marina: É... pressupõe-se que uma menina dessa idade não engravide. Mas é uma coisa que hoje acontece muito, tem muitas escolas que encontramos meninas de 15 anos grávidas e o fator principal é a falta de conhecimento desses métodos.

Renata: Educação sexual, aborto seguro e legal.

Samuel: É uma responsabilidade muito grande colocada só nas costas das mulheres. Porque é como se dependesse só delas para ter filho.

Milena: Esse é o maior questionamento. Quando você gera um filho você precisa de uma pessoa do sexo masculino e uma do feminino. A mulher é a pessoa que vai ter o filho.

[...]

Tamires: Você pode escolher, tem mulheres que não querem ser mães. Você pode escolher, é um direito seu.

Renata: É uma conversa que iniciou lá na criação dos anticoncepcionais e até hoje perdura. Porque, quando a mulher diz não querer ter filhos, ainda provoca discussões.

Tamires: Mas, você acha que é uma questão social ou no mercado de trabalho? Porque no mercado quando a mulher fala que não quer ter filho e parte como competidora com o homem, isso é ótimo.

Renata: Na questão social mesmo, quando a mulher fala que não vai ter filhos e vai se dedicar à carreira acadêmica e mesmo dentro da academia tem um tanto de gente que questiona se não vai ter filhos.

Professora: E os meninos, o que acham?

Samuel: Eu acho que é uma responsabilidade muito grande colocada para a mulher e que é muito fácil para o homem que não carrega a criança.

Marina: Esse pensamento ainda está restrito aos homens acadêmicos ou de melhor formação, e nas escolas? Os garotos não estão preocupados com isso?

Samuel: A educação sexual tem que ser mais trabalhada com os meninos.

Renata: Eu acho que educação sexual tem que ser trabalhada para ambos e o empoderamento das meninas através da informação.

Samuel: O homem vai pensar assim, não está no meu corpo. É muito fácil para ele. A educação sexual precisa ser trabalhada com os meninos mesmo.

Renata: Eu acho que tem algumas coisas que andam em paralelo, a educação sexual precisa ser para ambos e os meninos precisam ser educados para assumir suas responsabilidades, seria uma educação e ponto. O mundo é machista e precisamos criar meninos menos machistas.

A pílula anticoncepcional foi, sem dúvida, um produto da Ciência que trouxe grandes transformações sociais. Le Couteur e Burreson (2006) explicam que o anticoncepcional oral provavelmente foi o grande propulsor para a revolução sexual ocorrida na década de 1960 e ajudou a construir um cenário no qual a mulher pode ter controle sobre seu corpo e sua fertilidade. No entanto, sua aceitação não foi um processo pacífico, pois envolveu aspectos morais, valores familiares e religiosos e controvérsias na saúde. O lançamento da pílula no mercado causou importantes mudanças sociais tanto nas relações entre homens e mulheres quanto na dinâmica familiar de uma parte da população (FREITAS *et al.*, 2009).

Os licenciandos discutiram essas relações e também as responsabilidades femininas e masculinas na geração e criação dos filhos. Samuel criticou a ideia de que a responsabilidade pelos filhos seja tradicionalmente delegada às mulheres e Milena completou que para que ocorra a concepção é necessária a participação de um homem e uma mulher, mas que a responsabilidade é sempre maior para a mulher. Tamires e Renata levantaram a questão da escolha da mulher em não ter filhos e como a gravidez pode ser um empecilho para a entrada da mulher no mercado de trabalho. Freitas *et al.* (2009) explicam que “a reprodução social dos modelos masculino e feminino tem sua base na maternagem” (p. 86), ou seja, nos cuidados maternos. No modelo patriarcal das sociedades ocidentais tradicionais, segundo as autoras, é papel da mulher a responsabilidade de manter a harmonia das relações e o cuidado com os filhos, e cabe ao homem a função de provedor, mas com pouca participação nos cuidados parentais. Segundo Fiorin, Patias e Dias (2011), na atualidade a mulher está cada vez mais inserida no mercado de trabalho e, com isso, tem abandonado muitas funções que antes eram vistas apenas como femininas e postergado a maternidade.

Isso fez com que o índice de natalidade tenha diminuído ao longo dos anos. No entanto, como alertam Fiorin, Patias e Dias (2011), as mulheres que optam pela maternidade acabam vivenciando o acúmulo de funções profissionais com as domésticas, o que leva a uma dupla jornada de trabalho. Essa situação é evidenciada pelos licenciandos que defenderam que o uso da pílula anticoncepcional confere à mulher a oportunidade de ter um controle maior dessa situação e de escolher se deseja ou não tornar-se mãe.

Os licenciandos falaram sobre a importância da educação sexual no sentido de questionar o machismo e empoderar as meninas. Marina lembrou da importância da informação para que os adolescentes sejam capazes de fazer escolhas. Tamires defendeu a importância da educação para a compreensão das vantagens e dos riscos da pílula anticoncepcional, de forma que as pessoas sejam capazes de fazer escolhas.

A pílula anticoncepcional é um exemplo poderoso de como os produtos da Ciência podem afetar profundamente as relações sociais. Além disso, é um exemplo importante, já que seu uso apresenta aspectos positivos como o controle de natalidade, que permitiu a diminuição do ritmo de crescimento da população mundial e contribuiu para a entrada da mulher no mercado de trabalho. No entanto, hoje existem movimentos e pesquisas que alertam para os riscos dos contraceptivos hormonais para a saúde das mulheres. Essa é uma discussão complexa que envolve diferentes análises e que precisa ser abordada nas escolas, na mídia e nas relações familiares. Assim como grande parte dos medicamentos, o benefício trazido pela pílula justifica seu uso, mesmo com inúmeras possibilidades de danos.

Para os professores em formação foi uma discussão rica, uma vez que abordou diferentes posicionamentos, o que possibilitou uma reflexão tanto a respeito da influência da Ciência nas relações sociais, e vice-versa, quanto da importância desse tipo de discussão na sala de aula de Ciências.

V.3 – As Representações Multimodais

O tema das representações multimodais começou a ser trabalhado com os participantes da disciplina a partir da décima aula. No início dessa aula a professora apresentou alguns aspectos teóricos relacionando o ensino de Ciências à

multimodalidade e às representações multimodais. Após a discussão inicial, os participantes passaram a realizar atividades de representações.

A partir de um experimento envolvendo a presença de ar em uma seringa os professores em formação foram convidados a representar as partículas de ar em três momentos diferentes: quando o êmbolo da seringa estava na posição normal, quando o êmbolo foi empurrado para dentro e quando foi empurrado para fora, mantida a saída de ar fechada nesses dois últimos casos (Figura 5 – Capítulo III). Com isso, as partículas de ar estavam com pressão normal no primeiro caso, com maior pressão no segundo e com menor pressão no terceiro.

Assim que os estudantes produziram as três representações (dez em duplas e dois individualmente) a professora da disciplina convidou-os a desenhá-las na lousa. Após os sete grupos de representações terem sido reproduzidas na lousa foi iniciada a discussão sobre elas, em um episódio que durou 28 minutos e 30 segundos. A aula foi inteiramente gravada em vídeo e, para este estudo, foi analisado o episódio de discussão sobre representações construídas pelos estudantes, a fim de identificar as possíveis contribuições dessa discussão para a compreensão do papel da representação nas aulas de Ciências.

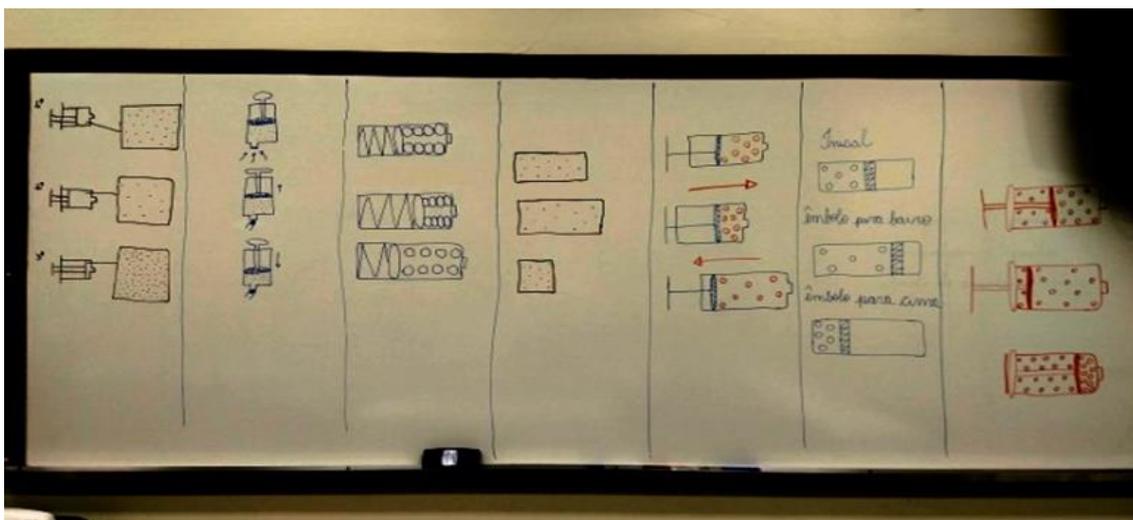
O episódio foi transcrito para facilitar a análise e foi dividido em cinco fragmentos, de acordo com as intenções mostradas pela professora, conforme discriminado no Quadro 30.

Quadro 30 – Fragmentos do episódio de representações multimodais

Fragmento	Tempo	Intenção do professor
1	0:00 – 1:49	Estudantes explicam suas próprias representações
2	1:50 – 8:55	Discussão envolvendo o tamanho das partículas
3	8:56 – 10:55	Discussão da quantidade de partículas
4	10:56 – 20:55	Discussão da distância entre as partículas
5	20:56 – 28:30	Discussão do significado da representação

Havia, na lousa, sete conjuntos de representações, conforme pode ser observado na Figura 6. Assim que os estudantes explicaram as suas representações, a professora interveio com perguntas que levaram à construção dos Fragmentos 2, 3 e 4, que se mostraram essenciais para o entendimento da importância das representações.

Figura 6 – Imagem da lousa com as representações dos estudantes.



Como pode ser observado, as representações tinham aspectos comuns entre elas, mas inúmeros aspectos que as diferenciavam. O primeiro agrupamento mostra o zoom de um ponto da seringa e o quarto grupo apenas uma caixa, que pode ser um zoom, enquanto todos dos demais fizeram a representação do interior da própria seringa. A partícula também foi representada tanto como ponto quanto como bolinha. Alguns usaram setas para informar sobre a força exercida na seringa e um trouxe informações escritas junto ao desenho. As perguntas realizadas pela professora visavam entender essas representações em seus aspectos de tamanho da partícula, quantidade desenhada, distância entre elas e, ainda, o significado de usar representações para ensinar Química. Passamos à análise feita em cada umas dessas especificidades das representações elaboradas pelos estudantes.

V.3.1 – Tamanho da partícula

Em quatro dos sete grupos as partículas foram desenhadas como uma pequena “bola”, com um espaço vazio dentro de cada uma delas. A professora questionou essas formas e várias justificativas foram produzidas, a maioria delas abordando a facilidade de visualização, como pode ser observado no fragmento transcrito a seguir:

Quadro 31 – Discussão sobre representação de partículas

Narrador	Transcrição de fala
Professora	Quando eu vou representar uma partícula, o que eu penso que é uma partícula?

Pedro	<i>Uma molécula ou um átomo.</i>
Professora	<i>Então seria a menor parte, mas aí eu a deixo com um espaço vazio dentro, o que isso significa?</i>
Pedro	<i>Você fala se fizer só o contorno?</i>
Professora	<i>É, porque aqui tem pontinho, aqui bolinha... O que é melhor bolinha ou pontinho?</i>
Claudia	<i>Eu prefiro fazer bolinha porque é maior, porque quando eu precisei manter a quantidade eu preferi fazer maior do que ficar contando pontinho. Mas só por questão de ser prático.</i>
Juliana	<i>Acho bolinha mais fácil de ver, mas aí...</i>
Milena	<i>Mas o que tem dentro da bolinha?</i>
Juliana	<i>A bolinha é maciça.</i>
Natália	<i>Aí você tem que colorir.</i>
Marina	<i>Porque, agora pensando no que eu desenhei, realmente pode dar ambiguidade, então a explicação que acompanha o desenho tem que tentar descrever melhor.</i>
Professora	<i>Mas vejam bem! Nós estamos representando, estamos representando uma coisa, aí se a gente coloca uma bolinha... tem um espaço vazio dentro. O que tem aqui dentro? Se você pensa na partícula como a menor parte...</i>
Patrícia	<i>Acho que a nossa ideia não foi pensar o que está dentro da bolinha. Como é uma representação, não é a partícula em si. É uma representação.</i>
Professora	<i>Mas o que é uma representação?</i>
Patrícia	<i>Uma forma de facilitar a explicação, de aproximar o que é abstrato. Não tem uma forma...</i>
Professora	<i>Mas veja bem...é uma forma de representar. Aí eu vi sua representação e estou perguntando o que tem dentro da bolinha. Isso é realmente facilitador?</i>

Diante da insistência da professora, a estudante Patrícia disse: "...é a representação, não é a partícula em si!". A professora insistiu na explicação do uso da "bolinha" e solicitou que os professores em formação se colocassem no lugar de um estudante que não sabe Química e que está aprendendo. Lembrou-lhes, ainda, que as concepções alternativas também podem ser construídas na escola, conforme já haviam estudado. Com isso, a discussão passou a envolver possíveis concepções alternativas que poderiam ser formadas se as partículas fossem representadas como pequenas "bolas" com espaços vazios dentro delas. Assim, o "ponto" foi escolhido pelos professores em formação como a melhor maneira de representar uma partícula.

Nesse caso, os licenciandos fizeram uma escolha baseada principalmente na percepção de que uma representação poderia levar estudantes a construir concepções alternativas ao entendimento da própria Ciência. Prain e Waldrip (2010) defendem o ato de representar como uma habilidade importante para um indivíduo se tornar alfabetizado cientificamente e não apenas como recurso periférico. Quando Patrícia afirmou que é apenas uma representação e não a partícula em si, ela pareceu

estar usando a representação como um recurso periférico. Defendemos que o ato de representar é uma forma de organizar nossas próprias ideias e, portanto, ele auxilia na aprendizagem na medida em que constrói significados. Tang, Delgado e Moje (2014) também consideram as representações como artefatos que simbolizam uma ideia ou conceito em Ciência e que, por isso, elas são parte integrante da linguagem da Ciência. Na formação de professores, podemos perceber, já no início dessa discussão, a necessidade de valorizar o papel da representação na construção de significados.

V.3.2 – Quantidade de partículas

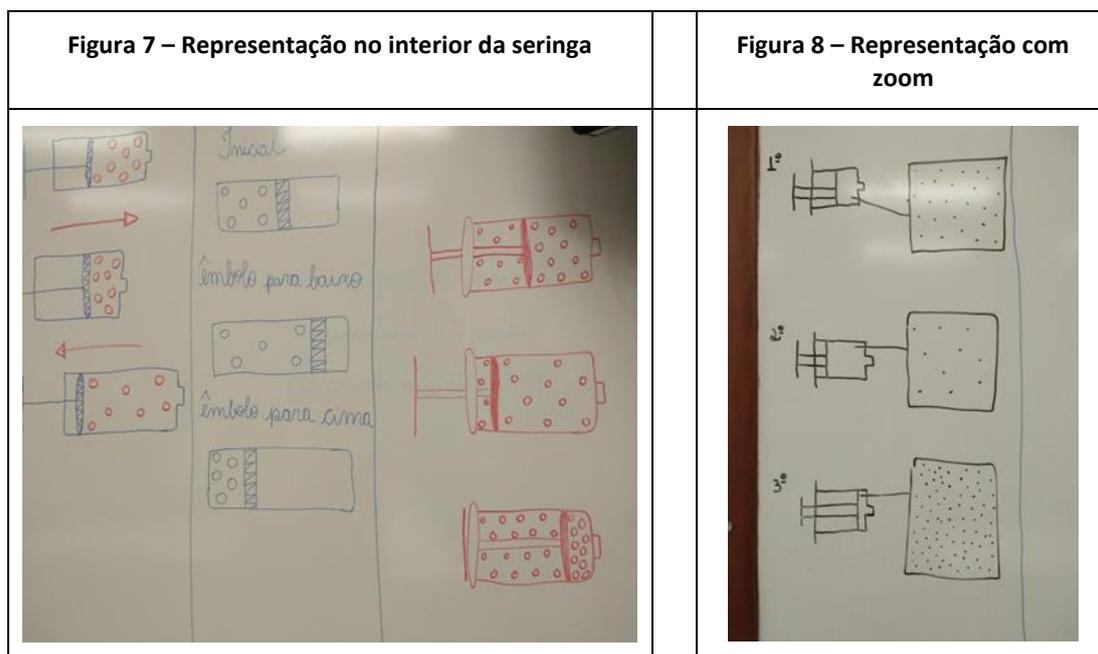
No conjunto de representações feitas na lousa, apenas o desenho feito por Milena usava claramente o “zoom” para representar as partículas (ver Figura 8), sendo que as demais fizeram a representação no interior da própria seringa (ver Figura 7). A professora ressaltou a diferença e solicitou que explicassem o motivo dessa distinção entre as representações feitas por eles, conforme o seguinte diálogo:

Quadro 32 – Diálogo sobre os tipos de representações

Narrador	Transcrição de fala
<i>Professora</i>	<i>Qual é a vantagem das de vocês para o da Milena?</i>
<i>Pedro</i>	<i>Eu gostei desse por causa da ampliação.</i>
<i>Juliana</i>	<i>Mas pegou só um pedacinho.</i>
<i>Natália</i>	<i>Porque na verdade não tem apenas 12 partículas dentro de uma seringa.</i>
<i>Professora</i>	<i>Quantas partículas vocês acham que pode ter dentro da seringa?</i>

Natália, ao comparar a representação feita por ela com a representação destacada pela professora, a de Milena, percebeu que o número de partículas desenhadas não era condizente com o conhecimento que possuíam de Química. Essa discussão foi mais consensual quando comparada às demais, uma vez que os estudantes demonstraram concordância com a proposta de Milena. Esses professores em formação tinham conhecimento de que em um espaço como aquele do interior de uma seringa poderia conter milhares de partículas. Porém, ao representarem, desenharam um número bem limitado de partículas, sem tomarem consciência do equívoco. Foi preciso que a professora questionasse essas representações para que Natália expressasse o seu entendimento, que parece ter se tornado, ao final, o entendimento dos demais. Nesse contexto, as representações foram importantes para

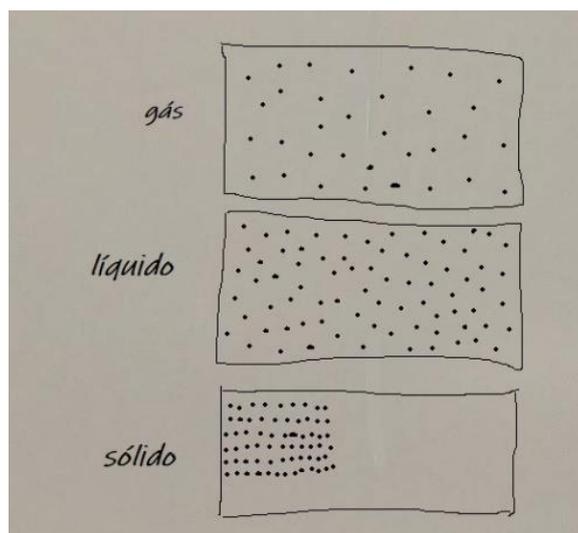
o entendimento do fenômeno estudado e assumiram o papel de representações explicativas (Tytler et al., 2013b).



V.3.3 – Distância entre as partículas

Nas representações feitas pelos estudantes não havia uniformidade na distância entre as partículas, nem na comparação entre as propostas para os diferentes estados físicos, nem no mesmo desenho, embora todas as representações fossem de partículas de gás, ainda que submetidas a pressões diferentes. Como os estudantes não estavam percebendo problemas em relação à distância das partículas nas representações que haviam desenhado na lousa, a professora retomou um assunto que, aparentemente, não fazia parte do planejamento da aula: as representações dos diferentes estados físicos da matéria. Assim, ela delineou três espaços na lousa e os identificou, respectivamente, como “zoom” de substâncias nos estados sólido, líquido e gasoso. Ela solicitou aos estudantes que representassem as partículas para esses três estados da matéria. Augusto foi até a lousa e desenhou, dando uma distância adequada às partículas, estando as partículas representadas no gás mais afastadas e as do sólido bem mais próximas umas das outras, conforme pode ser percebido na Figura 9.

Figura 9 – Representação dos estados físicos feita pelos estudantes.



No caso da representação do estado sólido, o estudante a fez parcialmente, afirmando que todo o espaço seria ocupado da mesma maneira. Como pode ser observado, na representação da substância no estado sólido as partículas estavam organizadas em “linhas”. A professora solicitou o apoio dos demais na análise do desenho feito por Augusto. Aparentemente não houve discordância. Diante da “espera” da professora, duas estudantes se manifestaram, sem discordar da organização das partículas proposta por Augusto, conforme segue:

Quadro 33 – Discussão sobre representações de estados físicos da matéria.

Narrador	Transcrição de Fala
Juliana	<i>O gás eu colocaria dando a impressão de movimento. E no líquido um pouco menos.</i>
Professora	<i>E no sólido?</i>
Natália	<i>Vibrando.</i>

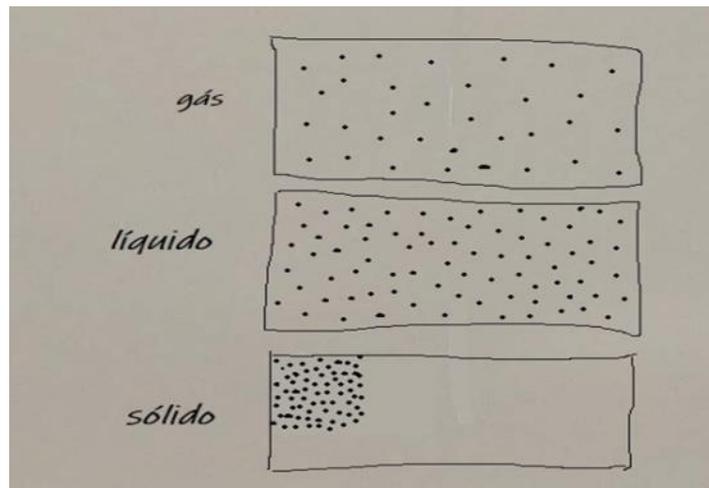
A presença de linhas foi justificada pelo fato de no estado sólido as partículas estarem mais organizadas. Como estratégia para mostrar a limitação dessas representações e avançar nas discussões, a professora pediu a todos que se levantassem e considerassem que eram partículas de uma substância no estado gasoso. Um deles começou a se mover pela sala e foi seguido pelos outros, que também começaram a se movimentar, andando aleatoriamente pela sala. O movimento de vibração também foi usado por um dos estudantes. A professora lembrou-lhes da dificuldade em inserir o movimento das partículas quando a representação é estática, como no desenho, e argumentou que a representação

incorporada favorece a compreensão do movimento. Dois estudantes, ao se encontrarem, perguntaram se essa aproximação era possível, ao que um terceiro respondeu: “as partículas estão sempre se chocando, mesmo sem reagir”.

Ao prosseguir a atividade, a professora pediu aos estudantes que se considerassem partículas de um líquido e, imediatamente, o grupo se reuniu mais para um lado da sala e continuou se movimentando no espaço então mais limitado. Como não houve nenhum questionamento em relação a essa representação, a professora pediu, então, que representassem o estado sólido. Nesse último momento, eles se aproximaram, mas deixaram um espaço vazio no centro do grupo. Quando questionados do significado daquele “espaço”, eles se moveram deixando as distâncias entre eles mais padronizadas. Alguns deles continuaram a fazer o movimento vibratório. A professora então perguntou se tinham certeza de que essa era a representação mais indicada para partículas sólidas, o que foi confirmado por todos.

A tarefa a seguir consistiu em comparar as representações incorporadas feitas por eles com os desenhos na lousa. O fato de o movimento não poder ser representado na forma de desenho foi ressaltado pela maioria deles e algumas sugestões foram feitas nesse sentido, mas não foram materializadas no desenho. A professora chamou a atenção para a representação do estado sólido, dizendo “Aqui [apontando para o desenho na lousa – Figura 9] as partículas estão enfileiradinhas, mas vocês não ficaram em fila quando representaram o estado sólido lá no canto [apontando para o canto da sala]. Ali vocês ficaram mais aleatórios”. Os professores em formação deram indícios de terem percebido a inconsistência entre as duas representações e afirmaram que o desenho deveria ser diferente. A professora convidou um deles para ir até a lousa para refazer o desenho.

Figura 10 - Representação dos estados físicos na lousa após a representação incorporada



Por se tratar de duas representações para o mesmo fenômeno, é esperado que elas sejam semelhantes. Prain e Tytler (2013) alertam para a importância de os estudantes terem múltiplas oportunidades de representar e reconfigurar seus entendimentos por meio da discussão com seus pares e com o professor. Ao usarem uma representação diferente da que haviam feito inicialmente – o desenho na lousa – os estudantes acabaram modificando a representação desenhada, colocando as partículas que representavam o estado sólido de maneira mais aleatória. Concordamos com o que defendem Prain e Tytler (2013), pois, ao ser dada aos professores em formação a oportunidade de representar um mesmo fenômeno usando modos semióticos diferentes – primeiro o desenho na lousa e depois o próprio corpo – eles puderam comparar as representações e, então, reelaborar o desenho na lousa.

Uma vez criado um consenso para as representações de partículas no estado sólido, a professora solicitou aos estudantes que observassem as distâncias entre as partículas de ar representadas na primeira atividade, ou seja, na representação do ar presente na seringa nos três momentos. Milena, que usou o zoom corretamente, riu de sua própria representação ao dizer “Isso não é gás!”. Ela foi até a lousa e redesenhou as partículas, mantendo uma distância adequada entre elas, ou seja, mantendo a distância de partículas no estado gasoso, mas com uma leve diferença entre elas em função da maior ou menor pressão a que estavam submetidas.

V.3.4 – A representação simultânea de dois estados físicos

Uma semana após essa discussão ter ocorrido, a aula envolvia uma sequência didática cujo tema era o ciclo da água (Aula 11). Os professores em formação receberam um material didático com essa sequência, mas foi a professora que conduziu seu desenvolvimento, para que percebessem a concepção teórica que tinha embasado esse material. Dessa forma, em vários momentos a professora usou múltiplas representações para um mesmo fenômeno, deixando os estudantes em uma posição mais periférica.

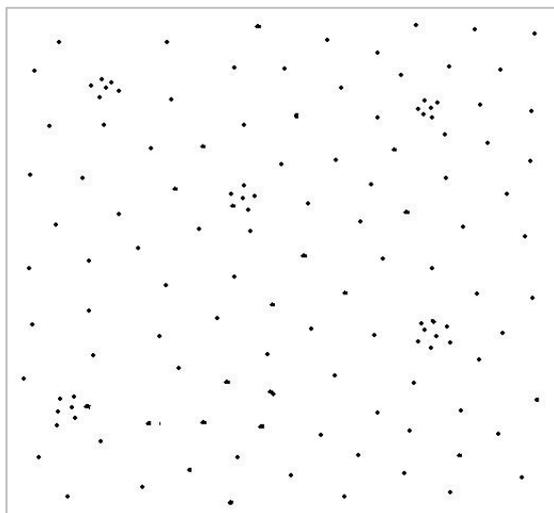
Em um dado momento, no entanto, os estudantes foram chamados a participar, propondo uma representação. A discussão envolvia o conceito de “vapor” e visava o entendimento da formação de nuvens. A professora perguntou, então, o que era vapor. Algumas respostas surgiram, mas a professora pareceu entender que as explicações dos estudantes não estavam claras o suficiente e resolveu explorar mais o assunto. Ao perguntar por exemplos de presença de vapor, várias respostas surgiram: no ar da própria sala, em uma panela cozinhando alimentos, na neblina, entre outros.

A professora, então, passou a discutir o que era a neblina e, após os estudantes citarem que se tratava de pequenas gotículas de água líquida, perguntou insistentemente o motivo dessas gotículas não caírem, já que mesmo pequenas deveriam ser mais pesadas do que o ar. Assim que se criou um consenso de que existia, na neblina, gotículas de água e água na forma de gás e que, portanto, a neblina era formada pela água em dois estados físicos, a professora solicitou aos estudantes que propusessem uma representação para a neblina. Diante de certa resistência deles, a professora falou “Eu não sei representar a neblina. Só estou pedindo para vocês me auxiliarem nessa atividade”. Esse caso se configura como um desafio representacional, amplamente defendido por Prain e Tytler (2013) e também por Hubber (2013) que, ao ensinar os professores com que trabalhou a envolverem os estudantes em desafios representacionais, afirmou que eles propiciam um entendimento mais refinado dos conceitos.

Os graduandos iniciaram conversas entre eles visando atender ao desafio lançado. Após cerca de cinco minutos, a professora solicitou que um deles fosse até a

lousa e fizesse o desenho do que considerava ser uma representação adequada para a neblina, no que foi atendida por Juliana (Figura 11).

Figura 11 – Representação da neblina proposta por Juliana



Podemos observar que Juliana desenhou alguns agrupamentos de partículas representando as gotículas de água (líquida) e vários outros pontinhos mais afastados representando o vapor (água no estado gasoso). Na explicação, o vapor foi apontado como um contributo para que as gotículas de água não caiam, já que auxilia na sustentação das mesmas. Os demais estudantes concordaram com Juliana e apoiaram a representação feita por ela. Um deles comentou que tinha usado cores diferentes para a água líquida e a água gasosa, mas concordava que, por se tratar da mesma substância, era a distância das partículas que deveria diferenciar o que era líquido do que era gasoso.

Ao que nos parece, a ampla discussão ocorrida na aula anterior criou uma espécie de comunidade de aprendizagem (Prain e Tytler, 2013), visto que os estudantes se envolveram diretamente nas atividades propostas e que esse envolvimento propiciou conhecimento significativo que os permitiu atender, aparentemente com certa facilidade, o desafio de representar a neblina.

V.3.5 – Significado da Representação

Nos episódios 2, 3 e 4 da aula 10, os estudantes tiveram a oportunidade de construir, justificar, negociar e reelaborar suas próprias representações, aproximando-

as da representação canônica. Percebemos que, mesmo sendo professores em formação, não havia um entendimento consistente sobre o papel da representação no ensino de Química.

No caso da distância entre as partículas de gás submetido a diferentes pressões percebemos que a representação por meio de desenhos na lousa não foi suficiente. Ao usarem o modo incorporado, os estudantes perceberam a incoerência na distribuição das partículas do desenho que representava o estado sólido. Com isso, eles conseguiram avançar no conhecimento, ao voltarem para a representação inicial do fenômeno ocorrido dentro da seringa, e puderam reelaborar suas representações. Dessa forma, aproximaram suas representações da representação canônica. A multimodalidade e a representação multimodal foram, portanto, essenciais para a construção de significados.

Pelas falas iniciais, presentes na discussão do episódio 2, é possível perceber que esses professores em formação não valorizavam a representação como forma de construção de conhecimento. Depois das atividades das aulas 10 e 11, a professora retomou o significado das representações para o ensino de Química, explorando tanto a possibilidade de formar concepções alternativas caso o professor não valorize essas representações quanto o entendimento de que uma representação auxilia na organização das ideias e, portanto, na construção de conhecimento. Entender o papel de uma representação é essencial para os professores e, nesse sentido, esse tópico deve ser amplamente explorado nos cursos de formação de professores de Ciências. Os estudantes do curso de graduação, que em breve assumirão a docência em Química, precisam reconhecer o papel de uma representação na aprendizagem conceitual.

Com essa atividade envolvendo representações era esperado que os licenciandos vivenciassem uma possibilidade de uso das representações multimodais em sala de aula, para que os seus próprios estudantes pudessem perceber alguns aspectos da construção do conhecimento científico. Percebemos que Milena, que já havia entrado em contato com esse tipo de trabalho durante o PIBID, vislumbrou mais facilmente a importância das representações na organização das ideias dos estudantes em relação às “entidades” químicas. Esse dado é uma evidência de que os temas que tratam da Natureza da Ciência não deveriam ser tratados pontualmente, mas ao longo

do curso e de forma contínua. Nossa análise mostrou que as mudanças de concepções e entendimentos de certos conceitos é um processo que precisa ser construído ao longo da formação do professor.

Os estudos de caso históricos destacados neste capítulo, o caso contemporâneo envolvendo o anticoncepcional e as atividades com representações multimodais tiveram significativa participação dos licenciandos e muitas concepções emergiram durante as discussões. Também foram percebidas evolução de concepções que certamente os auxiliaram a entender melhor algumas nuances relativas à produção do conhecimento e, com isso, a alcançar um entendimento mais amplo da Natureza da Ciência.

CAPÍTULO VI – UM OLHAR PARA AS ENTREVISTAS

Como já foi dito, os graduandos em Química cursaram a disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?” durante o segundo semestre do ano de 2018. Enquanto a disciplina foi sendo desenvolvida, foi possível realizar uma análise preliminar dos dados gerados a partir do questionário e das aulas. No entanto, alguns pontos necessitavam de um entendimento mais aprofundado e, por isso, surgiu a necessidade de realizar as entrevistas com os participantes. Essas entrevistas estavam programadas para acontecer na última semana de aula, mas, devido a questões pessoais e impreteríveis da pesquisadora, foram adiadas para o início de primeiro semestre de 2019.

Sete dos graduandos se dispuseram a participar da entrevista. Quatro deles (Juliana, Natália, Pedro e Renata) foram entrevistados pessoalmente e três (Augusto, Milena e Tamires) foram entrevistados usando um software que permitia chamadas de vídeo *online*. O roteiro da entrevista foi elaborado a partir dos dados das aulas e dos questionários, com algumas perguntas mais gerais, feitas para todos, e algumas questões mais específicas, feitas para cada um dos graduandos. O roteiro geral das entrevistas se encontra no Apêndice 1. Apresentamos agora a análise feita a partir dessas entrevistas.

VI.1 – Os estudos de caso presentes na disciplina

Os estudos de caso foram trabalhados no início da disciplina, sem que tenha sido dado um foco teórico dos estudos de caso como metodologia de ensino. Como já dissemos, a opção se deu pelo estudo direto de alguns casos históricos e de alguns contemporâneos. A lista completa das atividades desenvolvidas no decorrer da disciplina encontra-se no Quadro 4 do Capítulo III. A maior parte dos casos a serem estudados foi entregue aos estudantes na forma de textos, que deveriam ser lidos por todos. A exposição, contudo, era atribuída a um pequeno grupo (geralmente uma dupla), que ficava responsável por organizar uma apresentação em Power Point e socializá-la com toda a turma, estabelecendo o ponto de partida para o debate do caso. Os casos históricos trabalhados foram “Pasteur e Geração Espontânea”,

“Becquerel e a descoberta da radioatividade” e “A descoberta da estrutura do DNA”, e os casos contemporâneos foram “A Fosfoetanolamina”, “A Talidomida”, “O Celobar” e “O Anticoncepcional”. Desses, a fosfoetanolamina foi apresentada pela professora e o anticoncepcional foi organizado na forma de júri simulado.

Ao analisarmos as entrevistas foi possível perceber que os participantes indicaram contribuições desses casos para a própria formação e também entendimentos em relação ao uso de estudos de caso com estudantes da Educação Básica, quando assumirem a docência. Assim, passamos a descrever cada uma dessas contribuições.

VI.1.1 – Os estudos de caso na formação dos licenciandos

De modo geral, os licenciandos demonstraram que a experiência com esse tipo de metodologia de ensino foi positiva e os ajudou a compreender alguns aspectos da Ciência. Não se tratava de um conhecimento novo, mas de algo sobre o que eles aparentemente ainda não haviam refletido, como aconteceu com Milena e Augusto. Milena relatou que os estudos de caso foram uma boa oportunidade para estudar a História da Ciência e para abrir discussões sobre temas atuais. De acordo com a licencianda, o estudo de caso possibilitou um melhor entendimento de situações históricas e a reflexão sobre algumas de suas escolhas diárias, como no caso dos anticoncepcionais, já mencionados no capítulo anterior. Augusto, que era o estudante do bacharelado, afirmou que se matriculou na disciplina em função do título “Que Ciência é comunicada em sala de aula?” e que esperava alguns questionamentos da Ciência, como aconteceu. Ele, porém, se deparou com estudos que o surpreenderam. Ele afirmou que

Na parte das discussões, dos estudos de caso, de me questionar, de mostrar falhas na Ciência... são coisas que eu não previa e que eu achei muito interessante [...] (Augusto)

Ao falar novamente dos anticoncepcionais, Milena trouxe a ideia de que amadureceu seus argumentos quanto aos efeitos do anticoncepcional. Augusto, por sua vez, parece ter percebido que a Ciência é uma construção humana e, portanto, passível de erros ou falhas.

Alguns estudantes como Pedro e Tamires relataram que não sabiam da complexidade de alguns casos que foram trabalhados em aula e que se surpreenderam ao perceberem que alguns episódios importantes da história da Ciência são apresentados de forma muito simplificada, principalmente em alguns livros didáticos. Pedro comentou de um caso específico no qual percebeu essa simplificação nos materiais didáticos:

Acho que aquele caso do Becquerel seria um caso interessante de apresentar para mostrar que ele ganhou o Nobel. Nos livros provavelmente estará uma versão simplificada, mas deveríamos sempre, ao menos, mostrar aquelas convicções dele. Mostrar que mesmo com os resultados ele não desviou das convicções que possuía. Isso mostra que a individualidade pode afetar nas teorias dos cientistas. Acho que foi um caso interessante. (Pedro)

Tamires também fez uso do caso que trata dos estudos de Becquerel envolvendo um tipo de raio até então desconhecido. Com ele, ela explorou a questão da dualidade da Ciência. Ela disse:

Para mim o que foi ímpar na disciplina foi como mostrar a dualidade da Ciência. Que não existe isso de cientificamente provado e certo, é uma interpretação. A Ciência é feita por homens, então o mesmo fenômeno interpretado por um, igual ela [a professora] colocou lá do Becquerel que estava tão focado naquilo que ele acreditava, que era aquele fenômeno mesmo. Ele viu o mesmo fenômeno que a outra cientista [Marie Curie] e não conseguiu propor o mesmo tipo de solução. Isso traz a primeira desconexão ou desconstrução do significado do cientificamente provado. Então, achei muito interessante esse tipo de abordagem. (Tamires)

As falas desses licenciandos mostram que a partir dos casos estudados eles puderam construir uma visão um pouco mais questionadora em relação a alguns episódios importantes da Ciência e, além disso, passaram a questionar como as simplificações na história da Ciência são transmitidas no ensino da própria Ciência. Segundo Baldinato e Porto (2008) a educação científica atual constrói narrativas que estão alinhadas à lógica positivista que ressalta “apenas os aspectos que prosperaram historicamente” (BALDINATO; PORTO, 2008). Pedro utilizou o caso de Becquerel para ilustrar sua fala de que cientistas trabalham a partir de suas perspectivas teóricas. Ao estudar o caso de Becquerel, considerado o descobridor da radioatividade, foi possível perceber como as expectativas teóricas podem afetar a observação de um cientista. No caso citado, Becquerel percebeu que sais de urânio eram capazes de sensibilizar chapas fotográficas mesmo sem a presença de radiação solar. O cientista tentou explicar seus achados com base na luminescência, que era a sua linha de estudos. Porém, não conseguiu resultados promissores e acabou por se desinteressar pelo

fenômeno, abandonando aquele estudo. Posteriormente Marie e Pierre Curie, ao estudarem vários minerais, descobriram que o tório também emitia aquele tipo de raio encontrado por Becquerel. Ao dar continuidade aos seus estudos Marie Curie conseguiu isolar outros átomos radioativos e propôs que o fenômeno da radioatividade estava relacionado a uma propriedade atômica. Segundo Martins (2004), Becquerel sempre descreveu as radiações do urânio como um tipo de fosforescência invisível de longa duração. O nome “radioatividade” foi dado a esses raios por Marie Curie, que afirmou:

Chamarei de radioativas as substâncias que emitem os raios de Becquerel. O nome hiperfosforescência que foi proposto para o fenômeno parece-me transmitir uma ideia errada sobre sua natureza (CURIE, 1899 *apud* MARTINS, 2004)

O conjunto dos trabalhos rendeu a Becquerel, a Marie Curie e a seu marido Pierre Curie o Prêmio Nobel de Física de 1903. Mesmo assim, em alguns livros didáticos Becquerel aparece como o pai da radioatividade, desconsiderando o papel de Marie Curie (MARTINS, 1990).

Essa ideia foi também colocada pela licencianda Tamires que utilizou o termo “dualidade da Ciência” para explicar esse ponto. Para a licencianda, perceber essa dualidade em alguns casos foi surpreendente. Tamires utilizou o caso Becquerel para ilustrar seu entendimento de dualidade da Ciência e de como os posicionamentos individuais dos cientistas afetam as interpretações de seus trabalhos. Para ela, parece ter sido marcante na disciplina a desconstrução da ideia de que a Ciência representa um conhecimento comprovado, considerando que os cientistas podem interpretar os fenômenos observados de formas diferentes e, portanto, propor explicações diferentes, como aconteceu no caso de Becquerel e Marie Curie. Então, foi possível para ela desconstruir a ideia da existência da comprovação científica e de que os conhecimentos produzidos pela Ciência são inquestionáveis.

O entendimento de que as grandes “descobertas” científicas foram uma sucessão de tentativas e erros e de que elas sofreram influências políticas e culturais também estavam presentes em alguns comentários feitos durante a entrevista. Augusto fez referência à descoberta da dupla hélice da molécula de DNA, com a seguinte fala:

Os estudos de caso, eu gostei bastante, e foi engraçado que o que mais gostei foi o da Biologia, o DNA. Eu achei bem interessante e principalmente como passaram a perna nela, tadinha! Como ela foi enganada, e acho que foi um dos primeiros, então me marcou mais na memória. Eu não esperava e eu não tinha essa visão da questão dos erros da Ciência, o que acaba levando a erros em livros, que também acaba levando a gente a passar informações erradas, às vezes, não contando a história como um todo. (Augusto)

Augusto estava se referindo a Rosalind Franklin ao usar o termo “tadinha”. Os estudos visando a elucidação da estrutura do DNA eram foco de alguns grupos de pesquisa na década de 1950. Entre esses grupos estavam Francis Crick e James Watson, que estavam trabalhando com a construção de modelos hipotéticos no laboratório de Cavendish, em Cambridge. Concomitantemente, Maurice Wilkins e Rosalind Franklin trabalhavam com difração de raio X no King’s College de Londres. Relatos da época mostram que Franklin e Wilkins não tinham boa relação de trabalho e, ao que parece, Franklin – uma mulher – não aceitou ser subordinada de Wilkins – um homem (ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA; ARAGÓN, 2016). Através de estudos minuciosos e cuidadosos utilizando a difração de raios X Rosalind Franklin obteve uma série de fotos de boa qualidade, incluindo a famosa “Foto 51”. Wilkins apresentou um relatório de seus estudos para Crick sem o conhecimento de Franklin e, de posse dos dados e da informação disponível sobre o DNA na época, Crick e Watson foram capazes de propor um modelo da dupla hélice do DNA (ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA; ARAGÓN, 2016). Segundo esses autores Watson e Crick “elaboraram seu modelo com base em suas próprias ideias, como o aparecimento de bases nitrogenadas, e com dados de DNA fornecidos por outros pesquisadores” (p. 4). Esses dados, ao que parece, incluíam a “Foto 51”, de Franklin.

Augusto utilizou o termo “tadinha”, pois os estudos de Rosalind Franklin foram de grande contribuição para a elucidação da estrutura de DNA, mas apenas Watson, Crick e Wilkins receberam o Prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia. Franklin, que já havia morrido na época da premiação, não foi sequer referenciada. Augusto parece ter assumido que o fato de três cientistas homens terem recebido o Prêmio Nobel em 1962 pela descoberta da estrutura do DNA foi em erro e que erros como esse tendem a se perpetuar, pois tanto em livros quanto em sala de aula a história é contada com limitações.

Natália, assim como Tamires, tratou da ideia de dualidade da Ciência ao citar tanto o caso Haber, que apresenta um personagem histórico controverso, como outros

casos que mostram, de certa forma, fragilidades em relação a uma suposta “neutralidade” da Ciência. Ela afirmou:

Por exemplo, da dualidade, da parcialidade, todos aqueles casos do Haber que fez uma coisa boa, mas também fez uma coisa ruim. Tem os erros, por exemplo, da talidomida, do celobar, que os erros às vezes vêm de interesses econômicos e outros interesses. Então que a Ciência falha, mas que sem ela a gente não vive. [...] Eu nunca tinha parado para pensar nisso, que o Celobar foi um erro por conta de dinheiro. Tem essa questão social e tem a questão cultural também. Por exemplo, aquele remédio do câncer. E eu só descobri isso com esses casos, porque eu nunca tinha parado para pensar em nada disso. (Natália)

Natália tem ciência de que o cientista Fritz Haber fez uma contribuição muito importante para a humanidade ao desenvolver um mecanismo para obter gás amônia a partir de gás nitrogênio e de gás hidrogênio, e dessa forma permitir a produção de fertilizantes nitrogenados em larga escala. Ele, porém, também foi responsável pelo desenvolvimento de armas químicas durante a Primeira Guerra Mundial. E mais do que isso, ele planejou e comandou o primeiro ataque utilizando o gás cloro e, por isso, foi considerado criminoso de guerra (CHAGAS, 2007).

Natália citou, ainda, casos contemporâneos que ilustram erros importantes como os eventos relacionados aos medicamentos Talidomida e Celobar. Esses casos, ao que parece, permitiram perceber que alguns fatores – como o econômico – interferem na produção de artefatos que são desenvolvidos graças ao conhecimento científico. Além disso, esses licenciandos refletiram em relação às simplificações da história da Ciência e de como muitos fatos são narrados sem levar em conta todas as tensões que fizeram parte do evento histórico. Por meio desses casos foi possível perceber que as escolhas dos cientistas nem sempre foram imparciais e que podem sofrer influências do meio social e cultural em que eles estão inseridos, bem como de seus valores e crenças. Esses aspectos da história da Ciência parecem ter ficado mais claros quando esses professores em formação estudaram os casos históricos presentes na disciplina.

Essas falas evidenciaram que, por meio dos estudos de caso, esses licenciandos puderam conhecer de forma mais aprofundada episódios importantes da história da Ciência e com eles, confrontar as próprias ideias que tinham antes de iniciar a disciplina.

Por fim, destacamos uma fala da licencianda Tamires em relação aos estudos de caso contemporâneos. A licencianda, na época da disciplina, estava desenvolvendo

seu Trabalho de Conclusão de Curso que abordava a história da penicilina e problematizava a atuação da mulher na Ciência. Portanto, já tinha conhecimentos mais avançados sobre alguns casos históricos em relação aos demais estudantes participantes da disciplina. Para ela, os casos contemporâneos foram uma novidade:

Quando a professora trouxe estudos de caso mais contemporâneos eu percebi que com esses estudos, mais atuais, ficava mais fácil de compreender, mais didático. (Tamires)

Um dos exemplos citados por ela foi o caso que explorou o uso de pílulas anticoncepcionais, método contraceptivo que ela admitiu que usava, mas que a partir das pesquisas que realizou para apresentar o caso e do conhecimento de todas as incertezas e contraindicações em relação às pílulas, repensou seu uso, conforme relatado no capítulo V. A licencianda Milena também refletiu sobre o assunto: “[...] foi legal saber, porque eu sou uma pessoa que toma anticoncepcional, então foi bom saber dessas informações”. Com isso, percebemos que os estudos foram importantes para a construção de repertórios de conhecimentos para esses estudantes e que, em alguns casos, foi importante para suas decisões pessoais.

A partir dos resultados apresentados, consideramos que esses licenciandos foram capazes de reconstruir algumas ideias sobre a Natureza da Ciência. Ressaltamos que nossa intenção não foi abordar aspectos declarativos ou estudar diretamente os consensos da NdC, e com isso nos alinhamos à perspectiva de Allchin (2011). Com os estudos de caso explorados observamos que os licenciandos foram capazes de tomar consciência de algumas concepções que possuíam e, assim, evoluíram nessas concepções. Além disso, foi presente na fala deles o entendimento da Ciência como uma das formas de conhecimento produzidas pelo homem e, portanto, essencialmente social, além de ser influenciada por fatores sociais e econômicos. Acreditamos que os licenciandos puderam avançar no entendimento de que “as práticas epistêmicas incluem não apenas métodos cognitivos e evidentes, mas também interações sociais” (ALLCHIN, 2011, p. 526).

VI.1.2 – Os estudos de caso no ensino

Ao falarem dos estudos de caso os licenciandos refletiram também sobre as possibilidades do uso dessa metodologia de ensino em sala de aula. Os sete

entrevistados disseram que consideravam utilizar os estudos de caso quando assumissem a sala de aula. Foi possível perceber em suas falas que muitos tinham a intenção de utilizar essa metodologia como uma atividade que ajudaria a mudar a rotina da sala de aula, mas como uma mudança eventual. Nesse caso os estudos de caso foram considerados como uma forma de complementação às práticas mais tradicionais de ensino.

Esses professores em formação consideraram importante trazer esse tipo de atividades para criar discussões em sala de aula e, nessas discussões, inserir o conteúdo científico, que seria trabalhado a partir de situações reais ou que simulassem a realidade. A fala da licencianda Juliana mostra isso:

*E quando você dá um estudo de caso você mostra uma coisa real que aconteceu ou uma coisa que poderia acontecer e aí você tem uma noção maior e consegue assimilar mais as coisas. Ver que aquilo não está separado do resto do mundo. Eu acho importante por isso! **Se eu ficar só no conteúdo talvez eles não vão realmente perceber a importância daquilo, do porquê está aprendendo Química, o porquê mesmo das coisas. Acho que o estudo de caso ou uma atividade diferente aproximaria eles disso. (Juliana)** (Grifo nosso).*

Juliana entendeu os estudos de caso como uma boa oportunidade para que os conteúdos científicos possam ser compreendidos em contextos reais, fazendo com que não se separe a Ciência da realidade. Como alerta Quadros (2004), tradicionalmente é apresentada grande quantidade de informações científicas e o que se espera é que os estudantes da Educação Básica sejam capazes de fazer as conexões que permitam a eles explicar fenômenos naturais ou utilizar aquele conhecimento em algum problema diário, o que geralmente é infrutífero. Juliana parece ter entendido que os estudos de caso são uma alternativa para realizar essa aproximação e trabalhar a Ciência a partir de casos reais.

Milena, ao falar dos usos dos estudos de caso em sala de aula, citou a possibilidade de trabalhar aspectos da própria Ciência. Ela disse:

*Eu já tinha ouvido falar, mas, uma frase que me marcou muito e que eu repito para todo mundo é que a “Ciência é uma construção humana, então é passível de erro”. **Então é isso que eu quero discutir, se for para discutir a história de como as coisas surgiram a gente discute, isso é importante.** (Milena) (Grifo nosso).*

Por meio da fala de Milena entendemos que essa licencianda entendeu que a Ciência é uma construção humana e, por isso, é suscetível a falhas, e que ela quer construir esse conhecimento junto aos estudantes da Educação Básica. Lederman *et al.*

(2002) consideram que um importante consenso sobre a NdC é a incorporação social e cultural do conhecimento científico, ou seja, a Ciência é um empreendimento humano. Allchin (2004) discute que os estudos de caso históricos podem ser ferramentas eficazes para o entendimento da NdC. Percebemos que para Milena o trabalho com os estudos de caso foi significativo e contribuiu para ela ampliar a visão que possuía de Ciência, como já mostrado na seção VI.1.1. Dessa forma, a licencianda pareceu disposta a trabalhar essas ideias em sala de aula e demonstrou que uma boa forma de fazer isso é usando a História da Ciência.

Outra questão abordada pelos licenciandos foi a necessidade de fazer escolhas em relação ao conteúdo. Diante do extenso currículo das disciplinas e a quantidade limitada de aulas, muitas vezes é um desafio para o professor usar atividades como estudos de caso e representações, uma vez que demandam um tempo maior para construir conhecimentos e, conseqüentemente, ensejam menos tempo para transmissão de informações. Os currículos de Ciências tradicionalmente trabalhados nas escolas apresentam uma grande dependência dos livros didáticos em relação à ordem e à quantidade de conteúdos. Como alerta Millar (2003), nos currículos tradicionais normalmente são apresentadas grandes quantidades de ideias em sucessão, sem que o estudante tenha oportunidade de refletir e interpretar as informações. Os licenciandos Pedro, Juliana e Renata chamaram a atenção para a necessidade de fazer escolhas em relação ao conteúdo e, dessa forma, ser possível trabalhar atividades como os estudos de caso. Selecionamos a fala de Pedro que ilustra essa ideia:

*É uma coisa que nós já discutimos algumas vezes com os colegas né, **alguns conteúdos dependendo do contexto não fazem muito sentido. É claro que pensando em um contexto em que os alunos não estão preocupados com o ENEM, tem umas coisas que dá para tirar, alunos do EJA, por exemplo, não precisam de distribuição eletrônica por subníveis, e coisas mais detalhadas. Então daria para selecionar algumas coisas que não fazem muito sentido dependendo do seu público-alvo.*** (Pedro) (Grifo nosso).

Pedro indica que considera a necessidade de selecionar os conteúdos a serem explorados em sala de aula e, dessa forma, garantir que atividades que se diferenciam do chamado ensino tradicional possam ser inseridas nas aulas. Em sua opinião, essa escolha deve ser feita considerando as necessidades de seu público-alvo. Em sua fala, percebemos também a influência que os programas de exames como o ENEM têm na escolha dos conteúdos a serem desenvolvidos nas escolas e que isso também impacta

na forma como os licenciandos já pensam a docência. Ao que parece, o fato de trabalhar com aulas preparatórias para os citados exames, atividade essencialmente conteudista, ainda exerce uma influência muito forte em Pedro, mesmo já tendo cursado algumas das disciplinas de cunho didático-pedagógico.

A licencianda Renata manifestou a vontade de utilizar metodologias que se diferenciam do ensino tradicional em suas futuras aulas:

Eu faria [enfática], eu acho que vale a pena qualquer coisa que saia do tradicional, é claro que tem um cronograma a cumprir principalmente em escola particular, mas eu teria “a moral” sim de perder, perder não, de não usar três aulas socando coisas no quadro para fazer uma atividade discursiva e experimental. (Renata)

Renata mostrou-se crítica ao ensino tradicional e afirmou que gostaria de utilizar uma quantidade maior de aulas para trabalhar conteúdos e metodologias alternativas. Ao dizer “socando coisas no quadro” Renata se referia justamente à prática de apresentar grandes quantidades de conteúdo, cada vez mais complexos, sem possibilitar tempo para que o estudante possa refletir e interpretar o que está sendo tratado. Renata, com isso, demonstrou valorizar a utilização de atividades variadas, entre elas os estudos de caso, que permitam envolver os estudantes em ambientes nos quais sejam incentivados a questionar e criar conexões com o conteúdo.

Em algumas discussões realizadas a professora da disciplina trabalhou a necessidade de fazer escolhas e reforçou junto aos licenciandos a importância de os professores serem mais seletivos em termos de conceitos/conteúdos, de forma a desenvolverem um currículo menos inchado e mais orgânico, ou seja, menos dependente da ordem apresentada pelos materiais didáticos, conforme defendido por Millar (2003). Entendemos que essa ideia de seletividade de conteúdo e de organicidade precisa ser mais explorada no curso de formação, de forma recorrente e aplicada, durante as disciplinas e práticas pedagógicas.

Ainda tratando do conflito entre o tempo e a quantidade de conteúdo, percebemos em algumas respostas a ideia de que a organização e o planejamento do professor podem ser suficientes para resolver a questão. O graduando Augusto indicou que uma organização bem-feita do cronograma de aulas poderia permitir que essas outras metodologias, que demandam um maior tempo de aula, fossem implementadas sem perda no cronograma. A licencianda Tamires também abordou a questão:

Se eu planejasse bem as minhas aulas, conseguisse acelerar uma parte ou diminuir outra eu conseguiria aplicar a atividade sem nenhum problema, só que quando eu fui aplicar esse tipo de atividade (eu não apliquei ela em sala: eu pedi como trabalho extraclasse), eu percebi uma dificuldade, que é a questão da limitação dos alunos, que é um fator que eu não tinha levado em consideração. (Tamires)

Na época em que foi realizada a entrevista Tamires já havia se formado – ela cursou a disciplina no seu último semestre do curso – e estava atuando como professora da Educação Básica na rede estadual de Minas Gerais. Durante a entrevista Tamires relatou algumas de suas experiências com a utilização de estudos de caso e representações. Percebemos pela fala de Tamires que sua opinião anterior era parecida com a de Augusto e que, portanto, ela também tinha a ideia de que, a partir de um bom planejamento e organização, seria possível implementar as atividades e conseguir cumprir todo o conteúdo programático. Seu relato, no entanto, demonstra que o desenvolvimento das atividades não depende apenas da atuação de professor e de sua organização. Esse planejamento passa por fatores externos que muitas vezes não estão no controle do professor, a exemplo da não familiaridade dos alunos com esse tipo de atividade. Apesar de perceber as dificuldades do processo, Tamires mostrou evidências de que pretende manter a iniciativa de desenvolver essas atividades, por acreditar que é o melhor caminho.

Além disso, pelas respostas de Augusto e Tamires podemos perceber também uma dificuldade em sair de uma prática na qual se sentem mais confortáveis quando comparada ao enfrentamento de uma prática ainda pouco experimentada. Isso leva alguns professores a se manterem no modelo de transmissão de informações, ou seja, no uso de uma abordagem mais tradicional. Ao considerarem o uso dos estudos de caso, Augusto e Tamires o fazem como uma tentativa de manter o conteúdo programado e inserir uma atividade diferente como um complemento ou diversificação. Tamires, ao relatar sua experiência com os estudos de caso, enfatizou a dificuldade dos estudantes na realização desse tipo de atividade:

Os meninos não formulam opinião se eles não forem instigados. Então tem que ter perguntas para eles poderem dar a opinião deles, então, assim, é muito interessante esse tipo de trabalho porque sai fora do contexto daquela Química tradicional que eles já estão imaginando que seria. Mas ao mesmo tempo, como não é algo trabalhado na realidade deles no dia a dia, eles não sabem como fazer... não é que não querem, eles não sabem sobre esses tipos de atividades. (Tamires)

Percebemos que Tamires apresentava uma expectativa um pouco ingênua de que na prática docente as coisas ocorreriam conforme o planejado, caso esse

planejamento fosse bem feito. No seu relato, percebemos que ocorreu uma quebra de expectativa em relação a isso. Perrenoud (2001) aponta a complexidade do trabalho do professor, o que engloba o planejamento e a capacidade de lidar com situações inesperadas em sala de aula. O autor discute que a incerteza é inerente à prática docente e que o professor deve estar preparado para lidar com ela. Com isso, concordamos com Nóvoa (1992) que defende a necessidade de formar profissionais reflexivos, que percebam que os problemas da prática docente não são apenas instrumentais. Segundo Schön (2000) podemos responder aos desafios por meio da reflexão, pois a rotina sempre apresenta resultados inesperados, enquanto a reflexão-na-ação acontece pela surpresa, pelo inesperado e, com isso, o profissional é obrigado a refletir para encontrar uma nova solução.

No caso de Tamires seria importante, no momento que enfrenta a docência, continuar em um programa de formação continuada que propiciasse a ela a reflexão sobre a ação (SCHÖN, 2000) ou a reflexão compartilhada de problemas reais da sala de aula.

Ao compararmos a contribuição dos estudos de caso para o entendimento da Ciência com a contribuição para o “ser professor” de cada um dos participantes, podemos perceber que a formação para a docência ainda é muito limitada. Na análise dos resultados, percebemos que ocorreu uma compreensão mais efetiva em relação à Natureza da Ciência, mas não nos parece que isso foi transportado para a docência. Isso evidencia a importância do trabalho contínuo nos cursos de formação para que questões importantes, como as apresentadas, sejam incorporadas no entendimento e na prática dos futuros professores.

VI.2 – As Representações Multimodais na percepção dos licenciandos

Outro ponto abordado durante as entrevistas foi referente ao trabalho com as Representações Multimodais. O assunto foi abordado nas aulas 10 e 11 conforme descrição completa feita na seção V.3. Nas aulas descritas os licenciandos se envolveram em atividades nas quais tinham que representar as partículas de ar em uma seringa e discutir as representações propostas por eles e seus significados na aprendizagem em Química. Durante a entrevista procuramos entender quais os

significados das representações para eles e quais as possibilidades de uso desse tipo de atividade quando assumissem a sala de aula como professores.

Uma das perguntas da entrevista foi sobre a importância das representações multimodais para o desenvolvimento do trabalho do cientista. Dos sete entrevistados, quatro (Renata, Natália, Juliana e Pedro) apresentaram a ideia de que as representações funcionam apenas como um recurso usado para exemplificar ou facilitar o entendimento de um determinado conteúdo científico. O licenciando Pedro foi o único que abordou o assunto das representações como um recurso usado no meio científico para a comunicação:

[...] Eu acho que, igual recentemente teve a foto do buraco negro, as representações, as simulações que tinham de um buraco negro eram importantes para, não apenas na pesquisa científica – nesse caso eu não entendo muito bem quais informações eles tiravam das representações – mas para divulgação da pesquisa. (Pedro)

Para Pedro as representações seriam usadas na Ciência para comunicar os resultados de um estudo, e não para organizar o pensamento. Ele utilizou um exemplo que estava sendo explorado pela mídia na época da entrevista: a primeira imagem de um buraco negro que foi capturada pela conexão de oito telescópios ao redor do mundo, o *Event Horizon Telescope*. Os dados provenientes foram analisados por cerca de duzentos cientistas de diferentes institutos ao longo de dez anos⁸. Para ele a representação feita foi utilizada para sua divulgação e para facilitar o entendimento do público em geral e, apesar de considerar o uso da representação na pesquisa, ele admitiu não ter entendido como isso é feito.

Gooding (2004b) explica que o uso de representações é uma importante prática da Ciência, pois facilita o processo de descoberta e do desenvolvimento de novas explicações e melhora a compreensão ao permitir “visualizar” um determinado fato, o que entendemos como organizar o próprio pensamento. O autor aponta também que as representações são cruciais para a comunicação externa. Através da fala de Pedro, percebemos que ele compreendeu a importância das representações para o processo de comunicação científica, embora não pareça ter apreendido o seu uso como uma ferramenta para organizar o pensamento.

⁸ Informações: <http://www.sbfisica.org.br/v1/portalt pion/index.php/noticias/86-primeira-imagem-do-buraco-negro>

As licenciandas Renata e Natália expressaram seu entendimento das representações como um recurso de sala de aula:

Eu acho que ela serve para visualização, se eles estão com dificuldades de ver o que está acontecendo, entender, talvez, o desenho possa ajudar. (Renata)

Para facilitar o entendimento do aluno, ele lá correndo sendo um gás ele vai entender melhor, se ele não entende com o professor só falando às vezes no desenho ele vai entender. São várias maneiras do aluno entender. (Natália)

Prain e Waldrrip (2008) entrevistaram vinte professores que realizaram planejamentos que envolviam o uso de representações multimodais e os resultados do estudo mostraram que os professores tendiam a usar os diferentes modos para aumentar o interesse dos alunos ou atender as diferenças de estilo de aprendizagem. Com isso esses pesquisadores afirmaram que os professores confundiam as representações multimodais com os estilos de aprendizagem. Schmitt e Domingues (2016) explicam que, de acordo com a teoria dos estilos de aprendizagem, diferentes pessoas apresentam diferentes estilos para “aprender fatos novos” (p. 362). Para tanto, é necessário que os professores utilizem diversas abordagens para que todos os estudantes tenham oportunidade de aprender um determinado conteúdo. Ao que nos parece, essas duas licenciandas entenderam que as representações seriam mais como uma possibilidade de atender a diversos estilos de aprendizagem e não no sentido de “representações multimodais”, que auxiliam o cientista a organizar o pensamento e podem auxiliar também o estudante nessa tarefa (PRAIN; WALDRIP, 2008).

Araujo, Kadooca e Quadros (2020) fizeram uma pesquisa com onze estudantes de um Curso de Química (licenciatura e bacharelado) que participaram de uma disciplina optativa em que, em uma das aulas, foram trabalhadas atividades de representação. Um dos resultados do estudo indica que mesmo estudantes de Química em nível superior valorizam pouco “a representação como forma de organizar o pensamento quando se trata de explicar um fenômeno do mundo natural” (p. 61).

Por meio da análise das falas dos licenciandos percebemos que o entendimento das representações como forma de organizar o pensamento científico ainda é limitado. Apenas Pedro as associou à prática científica e mesmo assim enfatizou a comunicação dos resultados. Na aula em que as representações foram trabalhadas os licenciandos foram convidados a representar sistemas de diferentes formas. No entanto, a ideia das representações como inerentes ao trabalho científico presente nos estudos de

Gooding (2004a, 2010) não foi abordada em profundidade. Percebemos com isso que essa noção de representações no trabalho científico não é clara para os licenciados e deve ser explorada no curso de formação. Tendo em vista o resultado dessa pesquisa, em turmas posteriores a professora trouxe essa abordagem para a discussão em sala de aula.

Dos sete licenciandos que foram entrevistados, cinco (Milena, Renata, Natália, Tamires e Juliana) afirmaram que gostariam de utilizar as representações, da forma como foi abordado na disciplina, em suas aulas. Tamires, que já atuava como professora, narrou algumas de suas experiências na utilização de atividades com representações em suas aulas. Os licenciandos Pedro e Augusto admitiram a importância desse tipo de metodologia, mas não afirmaram explicitamente o desejo de aplicá-la em sala de aula.

Os licenciandos Natália, Pedro e Juliana explicaram por que consideram importante o trabalho com esse tipo de atividade. Abaixo apresentamos o que disse Natália:

Eu achei legal, importante. Porque é um outro modo de pensar, do aluno entender. Acho que facilita o entendimento do aluno, porque ele pensa nas partículas, no movimento... ele movimentando, sair correndo ou então mesmo no desenho. Eu acho legal. Acho bem interessante aprofundar em vários aspectos, no desenho, na fala, no corporal. (Natália)

Pedro chama a atenção para a importância do uso das representações em aulas de Ciência:

Eu acho interessante estar atento, o visual é uma coisa que influencia os alunos e pode ser que eles fiquem com ideias e presumam que aquela representação é próxima da realidade e acho que é importante de discutir com os alunos o significado de um modelo e de uma representação. (Pedro)

Os dois licenciandos destacaram a importância do trabalho com representações em sala de aula. Natália justificou seu ponto dizendo que facilita o entendimento, pois estimula uma forma diferente de pensar. Além disso, ela chamou a atenção para o uso de diferentes formas de representações (como desenhos, fala e teatro). Pedro lembrou da importância de discutir modelos em sala de aula e de mostrar ao estudante que sempre trabalhamos com representações da realidade.

Juliana também falou sobre a importância das representações. Na época da entrevista a licencianda (que atuava como bolsista de Iniciação Científica em projeto coordenado pela professora da disciplina) estava envolvida em uma outra pesquisa

que também tinha como foco as Representações Multimodais. Ela acompanhava aulas de uma professora experiente que estava utilizando as representações em aulas de Química para turmas de primeiro ano do Ensino Médio. Em sua fala, Juliana, que se surpreendeu com os resultados positivos das aulas que acompanhou, afirmou ter percebido maior envolvimento dos estudantes com o assunto:

Eu acho importante, eu acompanho as aulas de uma professora no [...] e ela ficou superfeliz, superanimada e os meninos corresponderam muito. Ela começou a discutir o modelo cinético e aquilo ajudou eles a perceberem o movimento, a questão da distância, como que as coisas ocupam um espaço. (Juliana)

Juliana também comentou sobre a experiência que tiveram na aula 8 que tratou da “Ciência como explicação do mundo – como isso se traduz em sala de aula”. Nessa aula a professora simulou uma aula sobre ligações químicas para o Ensino Médio e utilizou uma série de experimentos que permitiam agrupar diferentes substâncias em três grupos e, dessa forma, propor os modelos de ligação química. Nas palavras dela:

Porque eu acho que quando a gente faz isso, a gente acaba matando a curiosidade, igual a gente fez nas aulas que a gente ia na bancada, fazia e ao mesmo tempo a gente pensava sobre, não vinha com as respostas prontas para a gente. Eu acho que fez a gente pensar muito mais coisas e nessas aulas eu comecei a pensar que eu posso fazer coisas assim, que eu posso fazer parecido. (Juliana)

Juliana falou da importância da atividade no sentido que ela incentiva o pensar científico, a discussão de ideias, e que isso muda a dinâmica tradicional da sala de aula. Dessa forma, levando em conta as duas experiências que teve, na disciplina e no acompanhamento da pesquisa, ela considera utilizar esse tipo de metodologia em suas aulas futuras.

Da mesma forma que Juliana, Milena também teve a oportunidade de trabalhar com representações em outros contextos. Ao falar sobre a importância das representações ela relatou:

Eu acho muito importante. Eu falo que, não porque estou conversando com você, mas falo para qualquer outra pessoa que eu tenha conversado, é que ter feito essa disciplina e ter feito o PIBID com a mesma professora ao mesmo tempo foi muito importante para mim como docente, querendo me formar como professora de Química. [...] Mais para o final a parte de representações, a aula de ciclo da água, como eu já tinha feito antes, ajudou bastante a reforçar também. (Milena).

Como mostrado na seção V.3, na aula em que os licenciandos tiveram que criar representações para as partículas de ar dentro de uma seringa, Milena foi a única que representou utilizando o zoom e pontinhos, sendo a proposta de representação feita

por ela considerada a mais adequada dentre as apresentadas pela turma. No entanto, ela não representou adequadamente os espaços entre as partículas ao considerar os estados físicos da matéria, o que trouxe um novo ponto a considerar em seu entendimento. Em sua participação no PIBID, que ocorreu ao mesmo tempo em que cursou a disciplina, Milena já tinha realizado esse exercício e por isso estava mais segura em relação à representação que propôs. Em sua análise, o fato de ter trabalhado com representações em dois contextos diferentes a ajudou a compreender e interagir mais durante a atividade, ressaltando-se que foi nas aulas de representações que ela mais participou da discussão em sala. Esses dados, de Milena e Juliana, reforçam novamente a importância da recorrência desse tipo de atividade durante o curso de formação.

Os licenciandos Pedro e Milena disseram que depois das aulas passaram a questionar as representações que encontraram em livros didáticos ou nas outras aulas do curso:

[...] depois que eu fiz a disciplina eu reparei como que isso é pouco falado, né?, eu estudando isso eu saía da aula e ia para uma outra aula e o professor fazendo molécula, partícula com bolinha e espaço. (Milena)

Eu estava vendo uma imagem ontem, de umas representações de bolinhas, era para representar as substâncias nos três diferentes estados físicos e aí eu lembrei da matéria na hora, porque não estava tão... não tinha tanta diferença do gasoso para o líquido e eu fiquei pensando na proporção dos espaços. (Pedro)

Suas falas mostram que esses licenciandos estavam valorizando as representações não apenas como um desenho, mas algo que tem um significado e precisa ser questionado. E, dessa forma, passaram a questionar as representações que encontraram fora do contexto da aula. No caso de Milena, essa fala reforça sua evolução ao trabalhar as representações em contextos diferentes.

A licencianda Tamires, que já estava atuando como docente na época da entrevista, relatou a tentativa de utilizar atividades com representações multimodais em suas aulas. Em seu relato ela deu ênfase aos obstáculos que encontrou na aplicação das atividades, principalmente em relação à dificuldade dos alunos em representar. Segundo a licencianda, os alunos não estavam acostumados a representar e tiveram grande dificuldade em criar representações coerentes. Botelho, Quadros e Machado (2020) argumentam que é comum que os modelos canônicos da Ciência sejam apresentados aos estudantes em forma de desenho, no entanto, quando são

chamados a representar, eles o fazem “como algo mecânico, nem sempre relacionado ao modo de pensar o fenômeno” (p. 107). As autoras apresentam, em sua pesquisa, resultados de aulas que envolviam representações em que os estudantes foram capazes de construir, compartilhar, defender e reelaborar representações para explicar um determinado fenômeno. De acordo com as autoras, o desempenho adequado dos estudantes com as atividades de representação se deve, em parte, às experiências que esses estudantes já tiveram com a construção de representações. Isso evidencia a importância de atividades desse tipo serem apresentadas com maior frequência na Educação Básica, o que não ocorre na maioria das escolas e que pode ser entendido como uma das causas do que foi percebido por Tamires.

Ao analisarmos os dados provenientes das entrevistas em conjunto com os dados das aulas apresentados na seção V.3, percebemos algumas implicações importantes para a formação de professores. Ao entrarem em contato com uma abordagem pouco conhecida por eles, observamos que esse grupo de licenciandos teve uma limitação na compreensão das representações como uma prática científica e que muitos deles as associaram como mais um recurso para atender aos diferentes estilos de aprendizagem. Ao pensarmos no ensino de Química, deduzimos que não houve um entendimento significativo do papel das representações no entendimento da própria Química. No entanto, já estamos convencidas de que um estudante só será capaz de desenvolver um grau de abstração adequado à aprendizagem da Química quando for capaz de pensar quimicamente uma molécula ou um conceito. Com isso, entendemos que as representações são uma oportunidade para os estudantes aprenderem a pensar quimicamente. Ao analisarmos os dados referentes ao uso de representações, ficou evidente a importância de os professores entenderem o papel das representações e, dessa forma, passarem a fazer uso apropriado delas em suas aulas.

Considerando dados como os de Milena e Juliana, reforçamos a importância da valorização das representações durante os cursos de formação de forma recorrente, bem como de outros assuntos importantes que auxiliem no entendimento da NdC. Defendemos essa recorrência durante a formação para que o licenciando tenha a oportunidade de questionar, refletir e reelaborar suas crenças de ensino e do conhecimento.

VI.3 – Contribuições da disciplina para a formação dos licenciandos

Durante as entrevistas alguns licenciandos abordaram a contribuição que a disciplina teve para sua formação como professores. É comum em disciplinas de caráter mais didático-pedagógicas o estudo das teorias e abordagens educacionais, que são de grande importância para o professor, como alertado por Carvalho e Gil-Pérez (2011). No entanto, algumas falas dos licenciandos mostraram limitações nesses estudos. Pareceu-nos que esses licenciandos têm dificuldade em fazer a transposição dessas teorias para o contexto da sala de aula. Ao avaliar a disciplina a licencianda Natália disse o seguinte:

*Nós fizemos uma avaliação no estágio 3 e eu falei dessa disciplina. A pergunta era “Dê dicas do que pode melhorar na graduação” e eu citei essa disciplina porque ela foi muito boa para meu crescimento. **Aprendemos como ensinar a questão de representação de modelos, de ligação química, conteúdo, a gente fez aqueles experimentos, teve a aula sobre o terrário e eu acho que é isso que a gente precisa na graduação: ter aulas de como dar aula.** (Natália) (Grifo nosso).*

As aulas, como indicado na seção III.4, foram planejadas para que esses licenciandos vivenciassem alguns métodos de ensino e, em seguida, discutissem a viabilidade desses métodos para ensinar Ciências. Portanto, os estudos não se limitaram à parte teórica. O grupo realizou os estudos de caso de diferentes formas, o que envolveu a realização de seminários em dupla, a organização de um júri simulado e, em alguns casos, a apresentação feita pela própria professora. Essa forma de trabalho permitiu que os licenciandos aumentassem seus conhecimentos em relação a alguns momentos da História da Ciência, refletissem sobre aspectos importantes da Ciência (melhorando assim algumas concepções sobre a NdC, como foi abordado no Capítulo IV) e ainda discutissem como esse tipo de metodologia poderia ser trabalhada em sala de aula.

Em alguns momentos, a professora explorou os aspectos teóricos do conhecimento trabalhado, como aconteceu na aula 10, na qual ela apresentou os principais conceitos sobre multimodalidade e representações multimodais. No momento seguinte, depois de usar uma apresentação em *Power Point*, os licenciandos foram convidados a participar de atividades envolvendo representações que simularam uma aula para o Ensino Básico. Nas aulas 8 e 11 a professora conduziu a

simulação de uma aula para o Ensino Médio com foco nos conceitos de ligações químicas (aula 8) e o ciclo da água (aula 11). Essa forma de organizar a disciplina parece ter sido significativa para os licenciandos. Na fala de Natália percebemos que ela ressaltou exemplos de como organizar os conceitos e reflexões abordadas nas aulas.

Essa mesma ideia se fez presente na fala de Augusto, que cursava o bacharelado na época da pesquisa. No questionário inicial Augusto enfatizou a valorização do domínio do conteúdo como uma das características mais importantes para um professor. No entanto, no questionário final, além do domínio de conteúdo ele passou a considerar o uso de representações, experimentos e discussões em sala de aula, mostrando que ele passou a valorizar outras características importantes para um professor. Perguntamos a ele se a disciplina teria ajudado nessas mudanças, ao que comentou:

*Sim, sim, tem inclusive alguma das atividades [pausa] explicitamente são exemplos que eu pretendo utilizar, sabe. Quando, por exemplo, a aula que ela deu sobre ligações que fez a experiência e tudo o mais. Então tem atividades que serviram como sugestões de aulas que eu pretendo utilizar. Eu tinha a ideia de ser um bom professor, mas o **que mudou foi que me ajudou a definir o que é esse bom que eu tinha citado antes.** Pensava em utilizar ferramentas e a disciplina ajudou a dar um pouco essas ferramentas, quais seriam essas ideias diferentes. **Não simplesmente ser um bom professor, mas o que seria isso, o que eu poderia realmente fazer para ser um bom professor.** (Augusto) (Grifo nosso).*

Como já dissemos, Augusto cursava o bacharelado, mas tinha a intenção de se tornar professor e já apresentava concepções sobre a carreira docente. Ao longo da disciplina ele entrou em contato com abordagens e reflexões que, ao que nos parece, permitiram que avançasse no entendimento sobre o que seria ser “um bom professor”. É importante lembrar que essa foi a primeira disciplina pedagógica cursada por Augusto e que em uma de suas falas ele comentou que não estava acostumado às aulas que envolviam discussões:

Eu não tive muitas disciplinas que tinham discussões, então para mim foi uma coisa nova e foi uma coisa muito boa. Essa oportunidade de poder falar, de ter voz. E foi muito bom poder mudar um pouco essa visão da Ciência, fazer esses debates sobre métodos da Ciência, sobre polêmicas, sobre história. Me surpreendeu bastante e eu gostei bastante da disciplina. Superou minhas expectativas. (Augusto)

Augusto fez referência à ausência de momentos de discussões nas disciplinas teóricas específicas do curso, as que costumamos chamar de “área dura”, que de maneira geral são conhecidas por terem uma dinâmica mais tradicional e que

envolvem pouca discussão em sala de aula. Quadros (2010) analisou a composição do quadro docente do Departamento de Química no ano de 2010 e mostrou que a maior parte dos professores apresentava uma formação voltada para os segmentos da Química e poucos tiveram formação em licenciatura. Essa realidade fez com eles que se conectassem “muito mais com a área dita mais-dura do conhecimento do que com os aspectos didático-pedagógicos deste conhecimento” (QUADROS, 2010, p. 132), mesmo que também estivessem envolvidos com a formação de professores. Ao participar de aulas em que os estudantes eram incentivados a participar das discussões e a colocar suas opiniões, Augusto entrou em contato com uma outra forma de organizar uma aula e isso também se refletiu na forma como passou a pensar sua prática quando (ou se) assumir a profissão de professor. Segundo ele:

*Outra aula que eu gostei bastante foi a aula sobre ligações, nesse caso uniu duas coisas que eu gosto que é a parte prática e a parte da didática. Então eu gostei **muito e eu gosto de não dar a resposta para o aluno, nesse caso era para eles tentarem chegar na ideia de ligação. Sem você falar explicitamente sobre a ligação, eu gosto muito disso de você ajudá-los a criar o raciocínio e não dar o raciocínio pronto para eles. Então foi uma das que eu mais gostei também.** (Augusto) (Grifo nosso).*

Augusto – assim como aconteceu com Juliana e Patrícia – encontrou nas atividades realizadas algo que se assemelha ao “como fazer” e não apenas “o que fazer”. Apesar de defendermos que não se constrói um saber docente a partir de “receitas”, esses licenciandos deixaram claro que precisam de orientações que os auxiliem a entender como transformar os conhecimentos teóricos desenvolvidos no curso em aulas que produzam aprendizagens. Augusto nos deu a entender que já defendia uma postura na qual o professor não tem como tarefa dar a resposta às dúvidas dos estudantes, mas ensiná-los a sanar essas dúvidas por meio do raciocínio. Na aula de ligações químicas os estudantes faziam várias misturas de íons e algumas geravam um precipitado. Eles deveriam juntar os íons formados (fazendo ligações iônicas) e em seguida investigar qual das substâncias formadas era o precipitado. Para isso não era ensinado regras de solubilidade, mas era feita uma análise dos casos em que precipitado não se formou, comparando-os com aqueles em que houve a formação. Trata-se de uma atividade que exige um significativo envolvimento intelectual do estudante, mas que certamente desenvolve o raciocínio. Augusto foi um dos licenciandos que viram nessa atividade realizada na disciplina uma oportunidade de entender o “como fazer”.

Percebemos nessas falas que a disciplina inovou ao mostrar não apenas um estudo teórico das abordagens, mas, principalmente, apresentou reflexões que os fizeram repensar o papel do professor e além de exemplos de aulas construídas tendo como base teorias que são apropriadas pelo campo de ensino de Química.

Uma das falas da licencianda Juliana dá-nos confirmação dessa perspectiva:

Eu gostei muito da disciplina porque eu achei muito prático. Porque a impressão que eu tenho das outras disciplinas é que a gente discute muitas coisas, mas são coisas muito “deslocadas” da realidade, sabe. E aqui a gente aproximou muito do que realmente acontece. Igual o trabalho sobre talidomida, eu tinha o livro e no estágio eu fui apresentar um trabalho. Nós estávamos falando de substância orgânica aí eu perguntei ao professor se eu poderia falar sobre a talidomida e peguei o livro, parecido com o que foi feito e foi sensacional, os meninos amaram. Eu achei muito legal aprender uma coisa aqui e ter conseguido fazer na escola. (Juliana)

Juliana também elogiou a organização da disciplina, principalmente por ter visto alguns exemplos de como realizar as atividades em aula. Como ainda não é professora, ela citou o uso de uma das atividades da disciplina em seu estágio dizendo ter ficado satisfeita com o resultado obtido.

Dos oito licenciandos entrevistados, seis (Tamires, Renata, Natália, Juliana, Milena e Augusto) disseram que uma das principais contribuições da disciplina foi mostrar o “como fazer”. Novamente ressaltamos a não defesa de “receitas” de aulas, mas a necessidade de mostrar possíveis caminhos para os professores em formação, uma vez que isso traz implicações para a formação de professores, pois mostra a importância de construir conhecimento que aliam as teorias pedagógicas à prática de sala de aula. Como defendido por Carvalho e Gil-Pérez (2011) o conhecimento teórico da área pedagógica é importante para que os professores tenham uma visão mais crítica de seu trabalho e valorizem o campo teórico de ensino como um domínio científico. Mas, aliado a isso é necessário garantir a indissociabilidade entre a teoria e a prática e valorizar igualmente as duas dimensões (DINIZ-PEREIRA, 2010; QUADROS *et al.*, 2015). A literatura aponta que mesmo depois de terem contato com teorias contemporâneas de ensino, “mesmo diante de discursos aparentemente inovadores” (QUADROS, 2017, p. 21), a maioria dos professores (formados e em formação) ainda perpetua práticas tradicionais. Não há dúvidas que o papel do curso de formação é de problematizar e questionar essas concepções sobre ser professor e oferecer novas possibilidades de atuação. Nas falas apresentadas (nesta e em outras seções) percebemos que esses licenciandos demonstraram vontade de atuar a partir de uma

perspectiva mais inovadora. No entanto, foi perceptível também que as abordagens teóricas estudadas ainda não estavam “materializadas” na forma de aulas e, ao que nos parece, a disciplina ajudou nesse aspecto.

Outro ponto importante foram os relatos daqueles licenciandos que desenvolveram algumas atividades da disciplina, em oportunidades posteriores, em suas aulas na Educação Básica, como Tamires, que utilizou os estudos de caso e as representações em suas aulas (conforme abordamos na seção VI.1), e Juliana, que adaptou a atividade da Talidomida para uma intervenção em seu estágio. Esses licenciandos tiveram a oportunidade de adaptar essas atividades para contextos reais, e com isso, encontraram possibilidades e limitações que se somaram às suas reflexões e compuseram o processo formativo. Milena também contou como foi a experiência de aplicar uma atividade sobre a NdC em uma de suas intervenções no PIBID:

É engraçado que na parte do PIBID que eu estou nós preparamos atividades diferentes para levar para as escolas, e nós preparamos uma atividade sobre o que é ser cientista. E aí no final eu falei sobre a Ciência que todo mundo conhece, que ela é passível de erro e isso não é falado. Mas da forma que eu propus acabou que não deu certo, porque a ideia era passar a Ciência como uma coisa positiva e no final eu viro e falo que é uma coisa que pode errar, então não me pareceu muito certo. Eu fico pensando em uma forma de introduzir isso sem falar que a Ciência é ruim, faz mal e pronto. (Milena)

A fala de Milena mostra outra limitação formativa que precisa ser considerada. Apresentar uma Ciência que contribui, que traz vantagens e que é boa pode, em certos casos, construir ideias equivocadas da Ciência, ao desconsiderar os erros cometidos ao longo da história e também os embates pelos quais os cientistas passam para construir um conhecimento. A Ciência é, também, um campo de disputa, de egos, de interesses. A experiência de Milena fez com que ela pensasse que era “errado” falar dessa Ciência, a ponto de ela afirmar que “não pareceu certo”. Ao que parece, conhecer a Ciência como um todo poderia dar a ela uma imagem menos “poderosa”. Nossa experiência tem mostrado que esta é uma concepção muito presente entre professores: a de que a Ciência é, de certa forma, inquestionável no seu status frente a outras formas de conhecimento.

Melhorar essas concepções ou fazê-las evoluir não pode ser considerada responsabilidade de uma disciplina ou de um conjunto limitado de atividades. Para que o resultado seja efetivo, entendemos que a evolução nas concepções sobre a Ciência deve ser um objetivo cotidiano no curso de formação de professores, realizado por um

conjunto articulado de disciplinas. Questões importantes como a NdC, o uso de representações, os estudos de caso, entre outras abordagens devem aparecer em diferentes momentos do curso, em diferentes contextos. Reforçamos essa ideia com outra fala de Milena:

Me surpreendeu muito, eu aprendi muita coisa e foi importante também, pois estou fazendo parte do PIBID, muitas coisas são bem parecidas e isso me ajudou a fixar muita coisa que eu não tinha em mente. Tanto que quando eu fui responder ao questionário eu me surpreendi com a forma com que estava pensando sobre a Ciência hoje, sobre o que estou estudando e o que eu quero fazer. (Milena)

Milena reconheceu por si a importância de ter desenvolvido as atividades em contextos diferentes e que isso foi determinante para a evolução que teve. Ao compararmos os resultados de Milena é possível perceber um grande avanço em relação às ideias de Ciência, de representações e, principalmente, da prática docente. Esse êxito vivenciado por Milena reforça a contribuição de Buccini (2016), em pesquisa junto a um grupo de licenciandos que atuaram em um projeto de iniciação à docência semelhante ao PIBID, na qual um dos resultados mostra que a formação de professores se tornou mais produtiva quando os licenciandos foram inseridos no campo de trabalho, tendo essa inserção alicerçada em pressupostos teóricos. Avançamos esse entendimento ao propormos que, além da prática ancorada na teoria, essas reflexões práticas e teóricas devem acontecer de forma recorrente em momentos e contextos diferentes.

V.4 – Outras contribuições da disciplina, segundo os participantes

Por fim, as entrevistas nos ajudaram a entender como os conteúdos trabalhados na disciplina (e a forma como foram trabalhados) impactaram alguns aspectos da formação dos licenciandos que acompanhamos. Nesta seção, a fim de complementar nossas análises sobre a contribuição da disciplina, selecionamos algumas falas que mostram entendimentos de Ciência construídos ao longo do período analisado.

Durante a entrevista solicitamos que os licenciandos refletissem em torno do nome da disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?”, e que a partir dessa reflexão falassem sobre que Ciência eles gostariam de ensinar quando se tornassem

professores. Milena, em sua fala, fez a sua defesa do ensino de Ciências e de Química.

Ela disse:

Então [pausa] minha ideia não é... eu já vi várias pessoas que chegam na escola e falam “Química é lindo, Química é aquilo” minha ideia não é que as pessoas gostem de Química, mas é fazer as pessoas saberem que isso é extremamente importante. Outra coisa que aprendi bastante nessa disciplina é aprender a duvidar das coisas, de não, por exemplo, nem tudo que é científico é verdade. (Milena) (Grifo nosso).

Millar (2003), ao fazer a análise dos argumentos usados para defender a presença da Ciência como disciplina no currículo escolar do Reino Unido, afirma que a Ciência faz parte da nossa cultura e, portanto, todos precisamos entendê-la e apreciá-la. Ele diz, ainda, que a Ciência define a nossa cultura e, nesse sentido, alerta para o abismo existente entre o conhecimento científico e a cultura. Milena, ao destacar seu objetivo de “fazer as pessoas saberem que a Química é extremamente importante”, parece estar pensando nessa direção. Ela defendeu que as pessoas devem conhecer a Química para entender o funcionamento do mundo físico, para reconhecer que o conhecimento científico tem permitido que o desenvolvimento aconteça em inúmeras áreas.

Inspiradas em Millar (2003), temos dedicado atenção para o que deveria constar um currículo de um curso de formação de professores. Concordamos com ele em relação à necessidade de fornecer ao professor em formação um conhecimento mais amplo do trabalho real do cientista. Quadros (2020) afirma que construir esse conhecimento envolve:

conhecer os processos pelos quais um novo conhecimento científico é produzido, a partilha de ideias em congressos e em artigos científicos, os processos de arbitragem e revisões investigativas e, ainda, a reprodução e a verificação de resultados inesperados. (QUADROS, 2020, p. 10)

Ao planejarmos a disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?” alguns casos típicos foram trabalhados no sentido de auxiliar os professores em formação a melhorar seu entendimento de como a Ciência funciona. Milena, que quer construir junto aos estudantes a ideia da importância da Ciência Química, falou da contribuição percebida ao frequentar essa disciplina:

Nesses momentos mais simples eu tento aplicar coisas que eu aprendo e acho úteis para explicar não apenas para os alunos, mas para qualquer outra pessoa, que possa ser útil para eles também. Foi isso que mais me agradou na disciplina, eu aprendi o básico que todo professor deveria saber. (Milena)

Além de defender o conhecimento da Química como um conhecimento importante, Milena mostrou, em sua fala, algumas evidências de que o conhecimento trabalhado em sala de aula deve ter uma “utilidade”, mas não no sentido de ser utilitarista. Ao longo da entrevista ela contou como a aula sobre ciclo da água (aula 11) a ajudou a entender alguns conceitos importantes da Química, como evaporação, temperatura de ebulição, pressão de vapor, entre outros, e como esses conceitos a ajudaram a compreender, por exemplo, a formação da chuva de granizo. O entendimento de situações reais a partir dos conhecimentos da Química parece tornar esses estudos mais relevantes para ela. Millar (2003) aponta que é importante que os currículos de Ciências sejam organizados de forma que os estudantes sejam capazes de entender com profundidade os conceitos básicos da Ciência e possam refletir e interpretar essas informações.

Milena apontou, também, que é importante ensinar Química para que as pessoas tenham instrumentos para “duvidar” das informações que recebem e entendam como o conhecimento científico pode ajudar nessa tarefa. Ela comentou que aprendeu a questionar aquilo que é colocado como científico. Tomamos como exemplo a discussão sobre os anticoncepcionais que serviu para que ela refletisse a respeito do uso que fazia das pílulas. Além disso, as discussões sobre as “verdades” da Ciência foram impactantes para a licencianda, considerando que em sua fala ela reforçou seu entendimento de que nem tudo que é dito científico pode ser considerado uma verdade, mudanças essas que foram discutidas em seções anteriores.

Outra percepção advinda das entrevistas está relacionada à visão positiva/negativa da Ciência. Ao analisarmos as respostas dos questionários inicial e final percebemos que no começo da disciplina a licencianda Juliana apresentava uma visão mais pessimista das contribuições da Ciência, citando impactos negativos na sociedade. No questionário final ela ampliou essa visão, uma vez que citou também impactos positivos. Pedimos que ela falasse sobre isso durante a entrevista:

Eu cheguei com uma visão muito negativa das coisas, mas aí você vê que tem o outro lado também. Tem coisa muito boa que a Ciência fez! Acho que o que mais me fez mudar de ideia foi o caso do remédio da cura do câncer. É uma coisa muito boa que Ciência está desenvolvendo, mas por conta de um monte de fatores ainda não está no mercado e as pessoas não têm acesso e tudo mais. (Juliana)

Ao falar do “remédio da cura do câncer”, Juliana se refere ao caso da fosfoetanolamina (aula 2), conhecida como a pílula do câncer, que é uma substância química naturalmente presente no nosso corpo, produzida em alguns tecidos como o fígado e os músculos. Estudos científicos mostraram que ela tem a função de auxiliar o sistema imune a ser eficiente na eliminação de células malignas. A pesquisa em torno dessa substância mostrou que ela aumentava consideravelmente em algumas situações de agressão ao corpo e, entre elas, alguns tipos de câncer, como o de mama, de próstata, a leucemia e os linfomas. Na década de 1980 o professor Dr. Gilberto Chierice, da Universidade de São Paulo (USP), campus de Ribeirão Preto, passou a investigar essa substância, a produzi-la sinteticamente e a testá-la em pacientes de um hospital da cidade. Vale lembrar que isso aconteceu antes da criação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) – criada em 1999.

Mais tarde a ANVISA proibiu a distribuição da fosfoetanolamina na forma de medicamento e uma grande polêmica foi criada, envolvendo a Ciência, o meio político e, principalmente, os pacientes que se tratavam e que afirmavam terem melhoras significativas. Esse caso fez parte da disciplina e foi apresentado pela professora, com a intenção de questionar o modelo de Ciência que temos, assim como as polêmicas existentes dentro da comunidade científica e dela com a sociedade. Durante a aula 2 foram discutidos, ainda, como são obtidos e testados potenciais fármacos, quais as legislações envolvidas e os argumentos dos que defendem e daqueles que são contrários ao uso do medicamento. Apesar de não ter sido intenção da professora apresentar uma defesa do uso da fosfoetanolamina, Juliana parece ter adotado essa posição. E isso, segundo Juliana, foi decisivo para que ela construísse uma visão mais positiva da Ciência. Parece-nos que ela percebeu, por meio desse exemplo, as potencialidades da Ciência.

Muito temos falado da influência social na Ciência ou da influência da Ciência sobre a sociedade. Augusto, ao iniciar a disciplina parecia considerar que a construção do conhecimento científico ocorre em um processo mais analítico, lógico e com poucas influências externas (ver seção IV.2). Em suas respostas posteriores percebemos que ele passou a considerar que se trata de uma via de mão dupla: a sociedade influencia na Ciência e a Ciência influencia na sociedade. Durante a entrevista pedimos que Augusto comentasse sobre essa mudança de perspectiva. Ele contou que:

*a disciplina me fez pensar melhor sobre essa noção do papel social, que as pesquisas são influenciadas pela sociedade e que isso é uma troca. **O social influencia na Ciência e a Ciência influencia no social, na direção que a Ciência vai seguir.** (Augusto) (Grifo nosso).*

Entendemos que ele avançou no entendimento de que essas influências são uma via de mão dupla e, portanto, que a Ciência influencia a sociedade e por ela é influenciada. Latour e Woolgar (1997) afirmam que a Ciência não é distinta de outras práticas sociais e defendem que não é suficiente considerar a Ciência como uma construção humana, mas avançar no entendimento de quais práticas, procedimentos e estratégias decorrem da prática científica. Parece-nos que Augusto avançou nesse aspecto. Pedro também fez comentários nesse sentido:

*Quase todas as matérias de ensino de Química que eu fiz aqui na universidade, em algum momento foi discutido a questão de apresentar a Ciência para os estudantes, para apresentar essa ideia, tentar combater os **mitos de que a Ciência é separada da sociedade, mostrar que a Ciência influencia a sociedade e vice-versa.** Eu acho muito interessante. Inclusive alguns daqueles casos eu não conhecia e eu achei muito interessante. (Pedro) (Grifo nosso).*

Consideramos esse entendimento de grande importância no contexto de construir concepções mais adequadas da NdC. No caso de Augusto podemos afirmar que a disciplina foi um instrumento importante para essa mudança, pois ele ainda não havia participado desse tipo de discussão, como ele mesmo relatou. Ao que nos parece, para Pedro, que estava mais avançado no curso e já tinha cursado outras disciplinas que abordaram o assunto, as atividades permitiram que ele aprofundasse a ideia. Para ele os estudos de caso foram importantes nesse processo.

Consideramos importante retomar que não foi realizado um estudo formal de consensos ou características da NdC e que os entendimentos foram sendo construídos ao longo das discussões dos casos e das abordagens de ensino. A professora conduzia a discussão de forma que os licenciandos analisassem as situações e pudessem refletir sobre as tensões, sobre as atuações dos pesquisadores e pesquisadoras, sobre questões éticas, sobre as perspectivas teóricas, entre outros aspectos. Isso ficou evidente quando eles usaram os próprios casos estudados para ilustrar seus entendimentos, como mostrado na seção VI.1. Essa abordagem se alinha à perspectiva de Allchin (2011) que trata da importância da compreensão mais prática e funcional e menos declarativa de aspectos da NdC.

Por fim, apresentamos uma reflexão importante realizada por Augusto durante a entrevista. Ao responder à questão envolvendo que Ciência ele gostaria de ensinar em sala de aula, ele fez o seguinte comentário:

Principalmente depois dessa disciplina eu pensei um pouco melhor sobre isso e como a gente faz uma separação sobre a Ciência que é dada em sala de aula e a Ciência de um cientista mesmo, de um químico formado, como a gente faz essa separação. E que realmente não é legal essa separação! Me fez enxergar que é um desafio conseguir enxergar isso, ter essa Ciência do dia a dia, transmitir a pesquisa como acontece. (Augusto)

Augusto abordou a importância de aproximar a Ciência da sala de aula com a Ciência praticada pelos cientistas. Durante a disciplina essa aproximação foi discutida e trabalhada nos estudos de caso, nas representações e em outras atividades. Argumentamos sobre a importância de os estudantes da Educação Básica terem a oportunidade de se aproximarem e de compreenderem algumas práticas científicas. Segundo Prain e Tytler (2013), para que o estudante compreenda a Ciência não basta entender o conteúdo, mas também desenvolver a habilidade de “interpretar, representar e avaliar afirmações científicas” e, dessa forma, se aproximar do real trabalho de um cientista. Segundo os autores, para que os estudantes sejam capazes de estabelecer um conhecimento de longo prazo é importante que eles tenham várias experiências com o mesmo conceito. Millar (2003) defende que essa oportunidade de conhecer mais do trabalho real do cientista deve constar dos currículos de Ciência que devem abordar os processos pelos quais um novo conhecimento é produzido e como é comunicado e validado pela comunidade científica. Millar (2003) entende que a Ciência é um produto definidor da nossa cultura e que a especialização cada vez maior faz com que aquele que não está inserido nesse meio tenha cada vez mais dificuldade de compreendê-la. Como vimos, Augusto deu destaque à importância de fazer essa aproximação nas aulas de Química. Entendemos que os estudos de caso reais da história da Ciência possibilitam que os estudantes compreendam como se dá o processo, as tensões, os interesses envolvidos e as demais influências que sempre estão associadas ao fazer científico.

CAPÍTULO VII – CONSIDERAÇÕES FINAIS – O QUE APRENDEMOS COM A PESQUISA?

Ao iniciar este trabalho tínhamos a intenção de investigar algumas estratégias que pudessem ser usadas com estudantes de licenciatura para auxiliá-los no entendimento de como o conhecimento científico é construído e, também, no entendimento de como o meio social e cultural interfere no trabalho do cientista e como a Ciência interfere na vida das pessoas. Mas mais do que isso, nossa proposta era investigar como esse entendimento poderia afetar a forma como esses licenciandos pensavam a Ciência que é comunicada e trabalhada em sala de aula e, com isso, influenciar na forma de pensar sua própria prática futura. Conant (1970) argumenta que, para compreender o essencial de uma discussão que envolve a Ciência, não basta apenas a capacidade de entender o jargão técnico científico ou de ter conhecimento da área, mas, principalmente, ter capacidade de compreender o que a Ciência pode realizar ou não.

Este trabalho foi finalizado durante o ano de 2020, um dos anos mais conturbados da história recente. A humanidade se viu diante de um desafio inimaginável para uma grande maioria da população: a pandemia provocada pelo novo coronavírus. Essa nova realidade obrigou milhões de pessoas a ficarem em casa, mantendo um certo isolamento social que associado à busca frenética por uma vacina que pudesse combater o vírus evidenciou e fortaleceu discussões sobre a confiabilidade da Ciência, o que fez com que os movimentos anticiência ganhassem ainda mais notoriedade. Esses movimentos anticiência, como é o caso do movimento terraplanista, do negacionismo em torno das mudanças climáticas e do movimento antivacina já existiam e vinham ganhando relevância nas redes sociais. Pessoas que até então não tinham espaço para colocar ideias “questionáveis” encontraram nas redes sociais o ambiente ideal, formando uma rede de disseminação do que vem sendo chamado de *Fake News*, que foi intensificada durante a pandemia.

O debate girou em torno da origem vírus, da necessidade de isolamento, da eficácia de medicamentos, da produção e eficácia de vacina e muitos outros assuntos que preencheram as discussões na mídia tradicional e na *internet*. Em diferentes meios surgiram pessoas céticas às informações fornecidas pelas instituições científicas (o movimento antivacina ganhou novos adeptos) e também, ferrenhos defensores da

Ciência como o único caminho para que a “verdade possa ser encontrada”. Em meio a essa guerra de informações ficou o cidadão, muitas vezes incapaz de se encontrar, em meio a tantas informações conflitantes. Essa diversidade de informações fez com que se tornassem mais evidentes as concepções inadequadas envolvendo o conceito de teoria, o método científico e, inclusive, o entendimento de como a Ciência funciona.

Toda essa situação contribuiu para reafirmar a importância de uma educação científica que permita ao cidadão se orientar em meio ao debate que envolva posturas conflitantes e questões científicas. Entender como a Ciência funciona pode ajudar a trazer confiabilidade a ela e ao mesmo tempo desenvolver a percepção de que a Ciência não é o único conhecimento possível ou uma verdade absoluta. Além disso, permite reconhecer os benefícios trazidos pela Ciência para a humanidade e a contribuição que tem fornecido para o desenvolvimento como um todo. É importante entender os limites dessa Ciência, assim como o fato de ser ela uma construção humana. Com isso, discussões como ética, moral, responsabilidade social e ambiental, entre outras importantes, não estão descoladas da Ciência. Não há dúvida de que a informação e o conhecimento continuam sendo a melhor arma contra a desinformação. Para isso a educação científica de qualidade é essencial, mas para garantir essa educação de qualidade é fundamental que o professor tenha um adequado entendimento dessa Ciência.

Este trabalho investigou um grupo de professores em formação durante o período em que participaram da disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?”. Como já dissemos, essa disciplina propôs uma série de atividades organizadas em torno de estudos de caso e representações multimodais. Nossa intenção foi de identificar as concepções e as possíveis mudanças de posicionamento dos graduandos em relação à Natureza da Ciência e, a partir disso, a forma como pensavam sua prática futura.

Nossa hipótese era de que um conjunto organizado de casos históricos e contemporâneos poderia confrontar as concepções dos professores em formação, auxiliando na sua evolução e na reflexão da prática docente. Ao nos dirigirmos para a finalização desta investigação, mantemos a ideia de que um conjunto organizado de estratégias e a reflexão em torno da prática docente podem viabilizar uma significativa

evolução na prática desses licenciandos quando assumirem a docência, depois de formados.

Para isso, partimos de uma questão principal e de questões secundárias que nos auxiliariam a responder à questão foco, a partir dos dados obtidos e analisados. Iniciamos pelas questões secundárias para, ao final, responder à questão principal.

a) As concepções dos licenciandos envolvendo questões relacionadas à Natureza da Ciência ao iniciar e ao finalizar a disciplina.

Para iniciar as análises sugeridas neste trabalho era essencial que entendêssemos quais concepções da Natureza da Ciência os licenciandos tinham ao iniciar a disciplina. Para isso pedimos a eles que respondessem a um questionário inicial. Ao analisarmos as respostas encontramos algumas concepções envolvendo a Ciência que são classificadas como inadequadas na literatura (LEDERMAN *et al.*, 2002; MATTHEWS, 2012).

Na análise do questionário inicial identificamos ideias da Ciência como neutra e como verdade absoluta, com caráter essencialmente empírico, e da construção do conhecimento científico como um processo estritamente racional, tendo em vista que alguns licenciandos não consideravam a subjetividade no trabalho do cientista. Em relação à influência cultural e social na Ciência percebemos que todos as consideravam de alguma forma, embora Augusto tenha considerado essa influência apenas como um “resquício”.

A estratégia adotada pela professora da disciplina foi o trabalho com estudos de caso e representações multimodais para melhorar os entendimentos de Ciência desses licenciandos. Como já dito, foi uma escolha não realizar um estudo das teorias relativas à Natureza da Ciência, a partir de autores tradicionais no campo como, por exemplo, Lederman *et al.* (2002), Irzik e Nolan (2011) e Allchin (2011). Dessa forma, os conceitos relativos à NdC foram desenvolvidos à medida que surgiam nas discussões em sala de aula e sempre relacionados ao tema trabalhado.

Ao finalizar a disciplina os licenciandos responderam ao mesmo questionário e a partir dessas respostas realizamos uma análise comparativa buscando identificar uma possível evolução nas concepções desses licenciandos. Os dados analisados

mostraram que eles passaram a questionar a ideia de Ciência como uma verdade absoluta, passando a se referir à Ciência como explicação para as coisas do mundo. Além disso, a subjetividade no processo científico passou a ser mais “aceita” quando comparada às ideias iniciais. No entanto, percebemos muitas limitações no entendimento da Ciência como um todo, com destaque para o papel da experimentação na produção de conhecimentos científicos. Alguns licenciandos não abandonaram a ideia de que apenas pela experimentação as Ciências da Natureza produzem conhecimento. Apesar de percebermos evoluções importantes, algumas explicações inadequadas apareceram no questionário final a exemplo de ideias ligadas ao falsificacionismo, ao indutivismo e ao racionalismo. Percebemos ainda certas incoerências nas respostas de alguns licenciandos, o que mostra que não há garantia de que, nesse questionário, eles estavam realmente expressando suas concepções. Apesar disso, feita a comparação de muitas das respostas iniciais com as finais, temos a convicção de que essa evolução realmente aconteceu.

Inicialmente todos os licenciandos consideravam, de alguma forma, a influência social e cultural na Ciência e vice-versa. Percebemos que esse conhecimento se aprofundou ao longo da disciplina. Os estudos de caso parecem ter sido importantes nesse aspecto. Ao estudarem casos reais, esse grupo de licenciandos passou a perceber interesses econômicos, políticos, religiosos e culturais afetando as decisões dos cientistas. Com isso, eles passaram a considerar que o conhecimento científico envolve mais que a coleta e análise de dados e, como todo produto humano, ele é carregado de influências culturais, sociais e econômicas. Nesse aspecto, destacamos a evolução apresentada por Augusto, que deixou de considerar que o conhecimento científico sofre apenas resquícios de influências sociais e culturais, descrevendo influências bem explícitas em seus comentários.

A partir dos resultados apresentados, consideramos que esses licenciandos foram capazes de reconstruir algumas ideias sobre a Natureza da Ciência. Reafirmamos que os estudos de caso explorados foram essenciais para que os licenciandos aumentassem a consciência em relação a algumas concepções que possuíam e, com isso, evoluíram nessas concepções. Além disso, foi presente na fala deles o entendimento da Ciência como uma das formas de conhecimento produzidas pelo homem e, portanto, essencialmente social, além de ser influenciada por outros

fatores. Acreditamos que os licenciandos puderam avançar no entendimento de que “as práticas epistêmicas incluem não apenas métodos cognitivos e evidentes, mas também interações sociais” (ALLCHIN, 2011, p. 526).

É importante ressaltar – e isso ficou evidenciado em nossos dados – que os questionários (inicial e final) não podem ser considerados como instrumentos totalmente confiáveis para avaliar evoluções conceituais (AZEVEDO; SCARPA, 2017). Azevedo e Scarpa (2017), que realizaram uma extensa revisão de artigos que tratavam de concepções da NdC, mostram que apesar de o questionário ser um dos instrumentos mais usados para avaliar concepções da NdC ele apresenta “limitações para acessar as reais concepções do foco do estudo” (p. 602). Essas limitações estariam relacionadas à interpretação das questões (por parte do respondente) e das repostas (por parte do pesquisador) e também pelo próprio posicionamento teórico do responsável pela elaboração do questionário.

Os licenciandos elaboraram respostas que, em alguns momentos, foram percebidas como contraditórias, o que indica que as respostas, elaboradas provavelmente para serem lidas “pelo professor”, podem não corresponder exatamente ao que o sujeito realmente pensa em relação àquele assunto. Apesar disso, o questionário nos indicou mudanças nas concepções que esses licenciandos tinham da Ciência ao longo da disciplina.

b) As contribuições dos estudos de caso utilizados durante a disciplina na evolução de concepções de Natureza da Ciência.

Ao analisar as aulas, temos a convicção de que o trabalho com os estudos de caso foi central na disciplina. Por meio dos estudos de caso os licenciandos puderam analisar e refletir sobre diversos aspectos relacionados à Natureza e à História da Ciência. Ao que nos parece, esses estudos permitiram que os licenciandos percebessem como o contexto afeta significativamente o trabalho dos cientistas. No Capítulo V foram descritos alguns episódios que demonstram como essas discussões ocorreram durante as aulas. O caso Becquerel – a descoberta da radioatividade – permitiu que os estudantes questionassem, entre outros aspectos, o papel da subjetividade e o papel histórico da mulher na Ciência, questão que também foi

discutida no caso “Leituras múltiplas sobre a Ciência e o seu desenvolvimento – DNA”. Durante esses estudos de caso observamos posturas divergentes entre alguns licenciandos homens e licenciandas mulheres.

A neutralidade da Ciência foi trabalhada principalmente no caso Haber, no qual os licenciandos se envolveram na discussão do merecimento ou não do Prêmio Nobel pelo cientista. O caso permitiu que os licenciandos refletissem sobre as responsabilidades que os cientistas têm com suas pesquisas, inclusive em relação ao uso posterior delas.

O caso dos anticoncepcionais também foi importante, pois permitiu que os licenciandos percebessem como a Ciência atual é carregada de controvérsias e que, em muitos casos, não apresenta respostas conclusivas. Um exemplo marcante foi o da licencianda Tamires que relatou que não tinha conhecimento das controvérsias médicas relacionadas ao uso de pílulas anticoncepcionais e que depois do estudo ela passou a questionar seu uso. Esse caso permitiu, ao mesmo tempo, uma análise de como o lançamento das pílulas foi significativo para o processo de empoderamento feminino, para a entrada da mulher no mercado de trabalho e para o controle do próprio corpo a partir do controle da natalidade.

Consideramos importante retomar que não foi realizado um estudo formal de consensos ou características da NdC e que os entendimentos foram sendo construídos ao longo das discussões dos casos e das abordagens de ensino. A professora conduziu as discussões de forma que os licenciandos analisassem as situações e pudessem refletir sobre as tensões, sobre a atuação dos pesquisadores e pesquisadoras, sobre questões éticas, sobre as perspectivas teóricas, entre outras questões. Isso ficou evidente ao percebermos como eles usaram os casos estudados para ilustrar seus próprios entendimentos, como mostrado na seção VI.1. Entendemos que os estudos de caso reais da história da Ciência possibilitam que os estudantes compreendam o desenvolvimento do processo, as tensões, os interesses envolvidos e as demais influências que sempre estão associadas ao fazer científico. Defendemos, no entanto, que esses casos históricos devem ser associados a casos contemporâneos, permitindo aos estudantes identificar as várias nuances do trabalho do cientista, tanto do ponto de vista histórico quanto do atual.

c) Um entendimento mais amplo em torno da Natureza da Ciência auxiliando o professor em formação a problematizar o seu próprio papel na sala de aula.

De modo geral percebemos, por meio da análise dos dados dos questionários, algumas mudanças nas respostas dos licenciandos em relação à valorização excessiva do domínio do conteúdo, na medida em que alguns deles passaram a considerar outras abordagens de ensino diferentes das tradicionais.

Da mesma forma, nesse aspecto os estudos de caso ajudaram os licenciandos a refletirem em torno da Ciência ensinada em sala de aula e também acerca da importância de problematizar e questionar algumas ideias que envolvem a Ciência. Costuma ser um dilema para o professor priorizar atividades como estudos de caso e representações, que são atividades que demandam um tempo maior da aula, diante do extenso currículo trabalhado nas escolas e da quantidade limitada de aulas.

A necessidade de fazer escolhas foi um ponto trabalhado pela professora da disciplina, com ênfase em ideia semelhante à defendida por Millar (2003) relacionada à necessidade de os professores serem mais seletivos em termos de conceitos/conteúdos. Esse pesquisador, que estudou uma realidade bem distinta da realidade brasileira, defende o desenvolvimento de um currículo menos inchado e mais orgânico, ou seja, menos dependente da ordem apresentada pelos materiais didáticos. Mesmo com essas discussões, argumentamos que essa ideia de seletividade de conteúdo e de organicidade precisa ser mais explorada no curso de formação, de forma recorrente e aplicada, tanto nas disciplinas ligadas à Prática como Componente Curricular (PCC) quanto nas disciplinas que envolvem o conhecimento específico.

Ao compararmos a contribuição dos estudos de caso para a própria formação com a contribuição para o “ser professor” de cada um dos participantes, acreditamos que a contribuição em termos de formação para a docência ainda foi limitada. Na análise dos resultados, percebemos que ocorreu uma compreensão mais efetiva em relação à Natureza da Ciência, mas não nos parece que isso foi integralmente transportado para a docência. Isso evidencia a importância do trabalho contínuo nos cursos de formação para que questões importantes, como as apresentadas, sejam incorporadas no entendimento e na prática dos futuros professores.

Durante as entrevistas os licenciandos disseram que o diferencial da disciplina foi não focar em estudos teórico das abordagens pedagógicas, como é feito na maioria

das disciplinas da área educacional, com destaque para o fato de terem sido promovidas reflexões que os fizeram repensar o papel do professor e terem sido dados exemplos de aulas construídas com base em teorias pedagógicas de ensino. Ao que nos parece, esses licenciandos destacaram a necessidade de focar não apenas “no que fazer”, mas em “como fazer”. Ressaltamos que não defendemos o uso de “receitas” de aulas durante as disciplinas pedagógicas, mas a necessidade de mostrar possíveis caminhos para os professores em formação. Isso traz implicações para a formação de professores, pois mostra a importância de relacionar os conhecimentos teóricos explorados no campo da Educação com a prática pedagógica e a importância de construir conhecimento em relação ao “lugar” das teorias na sala de aula (BUCCINI, 2016).

Com isso, defendemos a importância de se considerar e de valorizar a indissociabilidade entre teoria e prática nos cursos de formação de professores (DINIZ-PEREIRA, 2010; QUADROS *et al.*, 2015). Dados presentes na literatura mostram que, ainda que tenham tido contato com teorias contemporâneas de ensino, a maioria dos professores (formados e em formação) continua priorizando a transmissão de informações “mesmo diante de discursos aparentemente inovadores” (QUADROS, 2017, p. 21). Não há dúvidas que o papel do curso de formação é de problematizar e questionar as concepções sobre ser professor e oferecer novas possibilidades de atuação. Nos dados apresentados neste trabalho percebemos que os participantes demonstraram a vontade de atuar a partir de uma perspectiva mais inovadora. No entanto, foi perceptível também que as abordagens teóricas estudadas em disciplinas de semestres anteriores ainda não estavam “materializadas” na forma de aulas e, ao que nos parece, a disciplina ajudou nesse aspecto. Essa “vontade” a que fizemos referência se confirmou nos relatos de alguns dos licenciandos, que revelaram terem desenvolvido atividades da disciplina em suas aulas de Educação Básica, como aconteceu com Juliana e Tamires. Esses licenciandos tiveram a oportunidade de adaptarem essas atividades para contextos reais, e com isso, encontraram possibilidades e limitações que somadas às suas reflexões e vão compondo o processo formativo.

d) As representações multimodais auxiliando o professor a promover um ensino que propicie um entendimento de modelos da Ciência.

Nas aulas em que foram trabalhadas as representações multimodais, percebemos que os licenciandos, mesmo aqueles que já estavam finalizando o curso, não apresentaram um entendimento consistente sobre o papel da representação no ensino de Química e não valorizavam as representações como uma forma de construção de conhecimento. Acreditamos que os licenciandos tiveram a oportunidade de refletir sobre a complexidade desse tipo de trabalho e perceber como ele é importante para a construção de significados em Química.

Em função dessa pouca valorização inicial da representação como forma de organizar o pensamento, a professora usou um tempo considerável desse assunto para melhorar esse entendimento. O tempo de aula gasto para trabalhar a forma como as representações, formais e informais, são usadas pelos cientistas para organizar e entender os próprios achados, e para ampliar o papel da representação na aprendizagem dos próprios licenciandos acabou por limitar o tempo do debate em torno do uso dessas representações em sala de aula.

Nosso argumento em torno da limitação de tempo para essa discussão está ancorado no exemplo de Milena. Essa licencianda teve contato com as representações multimodais em uma oportunidade anterior à disciplina e isso parece ter feito diferença para que ela se relacionasse melhor com as atividades propostas. Durante a entrevista ela mostrou familiaridade com a proposta de uso das representações e uma disposição muito favorável ao seu uso em sala de aula quando assumir a docência. Esse dado reforça novamente a importância da valorização das representações durante os cursos de formação de forma recorrente, bem como outros assuntos importantes que auxiliem no entendimento da NdC. Defendemos essa recorrência durante a formação para que o licenciando tenha a oportunidade de questionar, refletir e reelaborar suas crenças relacionadas ao ensino e ao conhecimento.

Como já dissemos, ao entrarem em contato com uma abordagem até então pouco conhecida por eles, era esperada certa limitação na compreensão das representações como uma prática científica. Essa limitação foi além do que se esperava, o que exigiu um esforço maior da professora. Já no planejamento da

disciplina, estávamos convencidas de que um estudante só será capaz de desenvolver um grau de abstração adequado para a aprendizagem da Química quando for capaz de pensar quimicamente uma molécula ou um conceito. Ao olharmos os dados provenientes da disciplina, percebemos que para consolidar o debate em torno de “ensinar Química”, explorando melhor as representações, seria necessário um trabalho mais sistemático e mais duradouro ao longo do curso de formação.

Estamos convencidas de que as representações são uma oportunidade para os estudantes aprenderem a pensar quimicamente. A análise dos dados referentes ao uso de representações deixa evidente a importância de os professores entenderem o papel das representações e, dessa forma, passarem a fazer uso adequado delas em suas aulas. Isso nos mostra que também essa nuance deve ser explorada ao longo do curso e não em uma única disciplina.

e) Concepções e sentidos da Natureza da Ciência que circulam no discurso de professores em formação ao longo da disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?” e quais estratégias favorecem a sua evolução.

Em relação às **concepções de Ciência e Representações Multimodais**, observamos que os dados obtidos durante a pesquisa (dados dos questionários, da observação das aulas e das entrevistas) nos permitiram construir uma visão mais clara sobre a formação desse grupo específico de licenciandos. Acreditamos que os aprendizados obtidos através desta pesquisa nos trazem entendimentos que podem auxiliar em como pensar estratégias que levariam a um aumento da qualidade da formação inicial de professores de Ciências.

Dos resultados que consideramos mais relevantes está a percepção de que os licenciandos compreendem pouco da Ciência em si. Esse é um resultado esperado considerando dados de literatura – a exemplo de Gil-Pérez *et al.* (2001), Vilela-Ribeiro e Benite (2009), Tavares (2006), Junqueira e Maximiano (2009), Harres (1999), Chinelli, Ferreira e Aguiar (2010), Lederman (1992), Azevedo e Scarpa (2017) e Alonso *et al.* (2011) – que mostram que de modo geral os professores apresentam visões inadequadas da Natureza da Ciência, prevalecendo uma visão empírico-indutivista e que normalmente essas visões mudam pouco ao término de um curso científico.

Percebemos que ocorreram evoluções nos entendimentos dos licenciandos em torno da Ciência, principalmente no entendimento de que não existe neutralidade na Ciência, que o conhecimento científico não é uma verdade absoluta e que a Ciência influencia o meio social e por ele é influenciada. Acreditamos que os estudos de caso históricos e contemporâneos tiveram papel essencial nessas evoluções. Os estudos de caso foram importantes para que os licenciandos percebessem que a Ciência é carregada de tensões, de controvérsias, de subjetividade e de interesses políticos, econômicos e até religiosos, e está sujeita a erros como toda construção humana. No entanto, essa evolução das concepções foi limitada, pois, algumas concepções inadequadas foram percebidas como ainda presentes no discurso (no questionário final e nas entrevistas) desses licenciandos, embora tenha ocorrido uma evolução significativa.

Ressaltamos que os licenciandos não consideravam as representações como uma forma de organizar o pensamento e, mesmo com a professora tendo conduzido um estudo teórico relativo às representações, alguns mantiveram a ideia de que elas serviriam como mais uma forma de exemplificar o conteúdo, de tornar mais clara a explicação. Além disso, os licenciandos demonstraram limitações em conceber as representações como um instrumento importante no trabalho dos próprios cientistas. Acreditamos que um estudo mais extenso e recorrente com representações seja essencial para consolidar esse conhecimento, como ficou evidente com o caso de Milena.

Destacamos a **organização da disciplina**, feita a partir de estudos de caso históricos e contemporâneos, estudos teóricos, atividades de representação e reflexões sobre o papel do professor em sala de aula. Durante o período letivo os licenciandos tiveram a oportunidade de organizar seminários, debater questões em sala de aula e vivenciar atividades que poderiam ser desenvolvidas em salas de aula da Educação Básica.

De acordo com as falas dos licenciandos essa organização foi importante e efetiva para que eles entendessem e refletissem sobre os assuntos abordados. Houve relatos de licenciandos afirmando terem se surpreendido com alguns dos casos trabalhados e que desconheciam aspectos a eles relacionados, a exemplo da atuação de Rosalind Franklin na descoberta da estrutura do DNA e do questionamento do

crédito que Henri Becquerel recebeu pela descoberta da radioatividade. De acordo com os relatos dos licenciandos, os estudos de caso os ajudaram a refletir sobre suas concepções de Ciência e também sobre o papel do professor. Durante as entrevistas e no questionário final muitos licenciandos, ao abordarem um determinado aspecto da Ciência, citaram os estudos de caso, o que mostra que eles foram significativos para eles.

Um dos aspectos mais elogiados da disciplina foi o foco no “como fazer”, não como uma receita de aula, mas como caminhos possíveis de trabalho para os conteúdos apresentados. Percebemos que esses licenciandos refletiram sobre como tradicionalmente nós professores apresentamos o conteúdo em sala de aula – geralmente baseado na transmissão organizada de informações. Argumentamos que o conjunto de atividades propostas foi eficiente ao aliar estudos teóricos usados no campo da educação à prática em sala de aula, associação que parece ser uma das grandes ansiedades vivenciadas pelos professores iniciantes. A partir desse resultado defendemos que a indissociabilidade entre esses estudos teóricos e a prática docente deva ser central nos cursos de formação de professores.

Consideramos ainda que ao longo da disciplina “Que Ciência é comunicada em sala de aula?” ocorreram evoluções importantes nas concepções da NdC. Ocorreu um avanço, mesmo que limitado, no entendimento do papel das representações na aprendizagem de Ciências, no próprio entendimento do que é Ciência e, ainda, importantes momentos de reflexão sobre o papel do professor e sobre o ensino de Ciências. No entanto, as evoluções ocorridas não podem ser consideradas suficientes em termos de formação de professores.

Consideramos que os estudos de caso históricos e contemporâneos foram ferramentas eficazes para a evolução do entendimento da Natureza da Ciência, e que podem levar o futuro professor a desenvolver suas próprias aulas considerando esses saberes. Nesse sentido, defendemos que este tipo de estudo seria mais eficaz se fosse diluído ao longo do curso. É absolutamente necessário repensar a forma como os cursos das áreas de Ciências, nas universidades, apresentam essa Ciência aos estudantes. No curso de Química, por exemplo, é estudado com grande profundidade teórica o nitrogênio, as reações em equilíbrio químico ou a química orgânica, mas, geralmente, quando é tratado o papel de Fritz Haber na construção de todos esses

conceitos, são ignorados outros aspectos polêmicos que envolvem esse cientista. O mesmo ocorre com o estudo sistemático da radioatividade, que apresenta conceitos científicos complexos, mas pouco revela de como a Ciência chegou a esses conhecimentos e dos papéis de Henry Becquerel e Marie Curie no desenvolvimento dessas teorias. De forma semelhante é dada pouca relevância à influência de dogmas nas descobertas e ao respeito dedicado aos estudos anteriores, quando um novo conhecimento é descoberto. É importante considerar que muitos dos estudantes de graduação de cursos como o de Química irão seguir carreira acadêmica e se tornar cientistas na área específica e, da mesma forma que os professores, também precisam ter entendimento de como a Ciência funciona.

Por fim, a análise que fizemos a partir dos dados mostraram que um conjunto de atividades organizadas pode efetivamente melhorar as concepções e o conhecimento da Ciência para quem trabalha com essa Ciência. Defendemos que isso não deveria acontecer em apenas uma disciplina ou em algumas poucas disciplinas. Para nós, esse trabalho deve ser realizado em um conjunto de ações organizadas ao longo do curso e se configurar como um projeto de curso. A análise dos dados produzidos indica que esse conjunto de atividades organizadas a partir de estudos de caso, representações multimodais e debates sobre o ensino é um caminho eficaz para melhoria dessas concepções, mas precisa estar articulado com outras atividades, ao longo de um curso de formação de professores de Ciências, para que a formação seja mais sólida e que estudar Ciência não seja apenas um estudo de seus produtos, mas um entendimento pleno da sua produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000.

ABD-EL-KHALICK, F. **The influence of history of science courses on students' conceptions of the nature of science**. Unpublished doctoral dissertation, Oregon State University, Oregon, 1998.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A. El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 134-169, 2008.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A. Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 6, n. 3, p. 355-386, 2009.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A. Uso de la historia de la ciencia para comprender aspectos de la naturaleza de la ciencia. Fundamentación de una propuesta basada en la controversia Pasteur versus Liebig sobre la fermentación. **CTS: Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad**, v. 11, n. 33, p. 203-226, 2016a.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A. Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 13, n. 1, p. 3-19, 2016b.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A. *et al.* Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2005.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A.; ARAGÓN, M. M. Rosalind Franklin y la doble hélice del ADN-Texto de Historia de la Ciencia para Educación Secundaria (17-18 años de edad). **Recuperado de Research Gate**. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG>, v. 2, n. 36750.97603, 2016.

ADAMI, E. Multimodality. *In*: GARCÍA, O.; FLORES, N.; SPOTTI, M. (ed.) **The Oxford Handbook of Language and Society**. Oxford University Press, p. 451-472, 2016.

ALBERTOR, A. P. C.; BUCCINI, D. M.; QUADROS, A. L. O anticoncepcional como estudo de caso na sala de aula. *In*: QUADROS, A. L. (org.) **Aprender Ciência por meio de estudos de caso: Algumas experiências**. CRV, p. 47-58, 2021.

ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. **Science & Education**, v. 13, n. 3, p. 179-195, 2004.

ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

ALLCHIN, D. The Minnesota case study collection: New historical inquiry case studies for nature of science education. **Science & Education**, v. 21, n. 9, p. 1263-1281, 2012.

- ALLCHIN, D. **Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources**. Saint Paul: SHIPS Education Press, 2013.
- ALONSO, A. V. *et al.* A compreensão dos temas de ciência, tecnologia e sociedade no Brasil: análise comparativa com outros países do PEARCTS. *In: SANTOS, W. L. P.; AULER, D (org.) CTS e Educação Científica. Desafios, tendências e resultados de pesquisa*. Editora UNB. Cap. 7. p. 211-240, 2011.
- ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa**. Editora Thompson, 1999.
- ANDRADE, M. A. B. S.; CAMPOS, L. M. L. Análise da aplicação da aprendizagem baseada em problemas no ensino de Biologia. **Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, n. 5, 2005.
- ANDRÉ, M. E. D. A. Tendências atuais da pesquisa na escola. **Cadernos Cedes**, v. 18, n. 43, p. 46-57, 1997.
- ANDRÉ, M. O que é um estudo de caso qualitativo em educação? **Revista da FAEBA – Educação e Contemporaneidade**, v. 22, n. 40, p. 95-103, 2013.
- ARAUJO, A. L. B.; KADOOCA, L. N.; QUADROS, A. L. As representações na Química: o caso das partículas presentes no spray de um desodorante. *In: QUADROS, A. L. (org.) Representações Multimodais no Ensino de Ciências – Compartilhando Experiências*, Editora CRV, Volume 1, 2020.
- AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Revisão Sistemática de Trabalhos sobre Concepções de Natureza da Ciência no Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, p. 579-619, 2017.
- BAGDONAS, A.; SILVA, C. C. Enhancing teachers' awareness about relations between science and religion. **Science & Education**, v. 24, n. 9-10, p. 1173-1199, 2015.
- BAKHURST, D. Vygotsky's Demons. *In: DANIELS, H.; COLE, M.; WERTSCH, J. (ed.) The Cambridge companion to Vygotsky*, The Cambridge University Press, p. 50-76, 2007.
- BALDINATO, J. O.; PORTO, P. A. Variações da história da ciência no ensino de ciências. **Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2008.
- BEZERRA, P. Prólogo do tradutor. *In: VIGOTSKI, L. S. A construção do pensamento e da linguagem*, Martins Fontes, 2001.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. Características da investigação qualitativa. *In: Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto, Porto Editora, p. 47-51, 1994.
- BOTELHO, M. L. S. T.; QUADROS, A. L.; MACHADO, A. H. As representações multimodais na dilatação de um líquido: o caso do termômetro. *In: QUADROS, A. L. (org.) Representações Multimodais no Ensino de Ciências – Compartilhando Experiências*, Editora CRV, Volume 1, 2020.

- BRASIL. **Resolução MEC/CNE/CP Nº 2, julho de 2015** – Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada, 2015.
- BRASIL. Brasil no Pisa 2015: Análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros. **Fundação Santilha**, 2016.
- BUCCINI, D. M.; QUADROS, A. L. The Choices of a Group of Chemistry Trainee Teachers using Thematic Teaching/Learning Materials. **International Journal of Humanities and Social Science**, v. 9, n. 2, 2019.
- BUCCINI, D. M. **Do planejamento à prática: a influência de um material didático na prática de um grupo de professores em formação em Química**. 2016, 148 p. – Dissertação (Mestrado) – UFMG – Programa de Pós-Graduação em Educação, Conhecimento e Inclusão Social da Faculdade de Educação, 2016.
- BULL, D; HATHAWAY, D. **Pragas e Venenos: agrotóxicos no Brasil e no Terceiro Mundo**. Petrópolis: VOZES, 1986.
- CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 10ª edição. Editora Cortez. 2011.
- CATANI, D. B.; BUENO, B. A. O.; SOUSA, C. P. O amor dos começos: por uma história das relações com a escola. **Cadernos de Pesquisa**, n. 111, p. 151-171, 2000.
- CHAGAS, A. P. A síntese da amônia: alguns aspectos históricos. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 240-247, 2007.
- CHALMERS, A. F.; FIKER, R. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CHALMERS, A. F. **A fabricação da ciência**. Unesp, 1997.
- CHASSOT, A. A ciência é masculina? É, sim senhora! **Revista Contexto & Educação**, v. 19, n. 71-72, p. 9-28, 2004.
- CHINELLI, M. V.; FERREIRA, M. V. S.; AGUIAR, L. E. V. Epistemologia em sala de aula: a natureza da ciência e da atividade científica na prática profissional de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 1, p. 17-35, 2010.
- COLAGRANDE, E. A. **A natureza da ciência e a interpretação de situações científica – um estudo com professores de ciências em formação**. 2016, 235 p. – Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, 2016.
- CONANT, J. B. Introduction. *In*: CONANT, J. B.; NASH, L. K.; ROLLER, D. (org.) **Harvard case histories in experimental science**. Cambridge, V. 1, MA: Harvard, 1970.
- CUPANI, A. A Ciência como conhecimento “situado”. *In*: MARTINS, R. A. *et al.* (ed.) **Filosofia e História da Ciência no Cone Sul: 3º Encontro**. Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul, 2ª ed., 2008. p. 12-22.
- DINIZ-PEREIRA, J. E. Tentativas de padronização dos currículos dos cursos de formação de professores da Educação Básica do Brasil. *In*: PASTORIZA, B. S.; SANGIOGO, F. A.; BOSENBECKER, V. K. (org.) **Reflexões e Debates em Educação em Química**. Ações, Inovações e Políticas. CRV, p. 95-105, 2017.

- DINIZ-PEREIRA, J. E. A epistemologia da experiência na formação de professores: primeiras aproximações. **Formação Docente – Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação Docente**, v. 2, n. 2, p. 83-93, 2010.
- DRIVER, R. *et al.* Construindo o conhecimento científico em sala de aula. **Química Nova na Escola**, n. 9, p. 31-40, 1999.
- DUARTE, R. Entrevistas em pesquisas qualitativas. **Educar em revista**, n. 24, p. 213-225, 2004.
- FIORIN, P. C.; PATIAS, N. D.; DIAS, A. C. G. Reflexões sobre a mulher contemporânea e a educação dos filhos. **Revista Sociais e Humanas**, v. 24, n. 2, p. 121-132, 2011.
- FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- FREITAS, D.; VILLANI, A. Formação de professores de ciências: um desafio sem limites. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 215-230, 2002.
- FREITAS, M. T. A. A Abordagem sócio-histórica como orientadora da pesquisa qualitativa. **Cadernos de Pesquisa**, n. 116, p. 21-39, 2002.
- FREITAS, W. M. F. *et al.* Paternidade: responsabilidade social do homem no papel de provedor. **Revista de saúde pública**, v. 43, n. 1, p. 85-90, 2009.
- GARCÍA-CARMONA, A.; ACEVEDO-DÍAZ, J. A. Learning about the Nature of Science Using Newspaper Articles with Scientific Content. **Science & Education**, v. 25, n. 5-6, p. 523-546, 2016
- GATTI, B. A. Educação, escola e formação de professores: políticas e impasses. **Educar em Revista**, n. 50, p. 51-67, 2013.
- GESS-NEWSOME, J. The professional development of science teachers for science education reform: A review of research, *In*: RHOTON, J.; BOWERS, P. (ed.) **Professional Development Planning and Design**, p. 91–100, NSTA Press, 2001.
- GIL-PÉREZ, D. *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. La formación del profesorado de ciencias de secundaria y de universidad. La necesaria superación de algunos mitos bloqueadores. **Educación en Química**, v. 15, n. 1, p. 43-51, 2004.
- GOODING, D. C. Visualisation, inference and explanation in the sciences. *In*: MALCOM, G. (ed.) **Multidisciplinary Approaches to Visual Representations and Interpretations**. Elsevier, p. 1-25, 2004a.
- GOODING, D. C. Envisioning explanations—the art in science. **Interdisciplinary Science Reviews**, v. 29, n. 3, p. 278-294, 2004b.
- GOODING, D. C. Visualizing scientific inference. **Topics in Cognitive Science**, v. 2, n. 1, p. 15-35, 2010.
- GREEN, J.; DIXON, C. N.; ZAHARLICK, A. A etnografia como uma lógica de investigação. **Educação em revista**, v. 42, n. 1, 2005.

- GROSSI, M. G. R. *et al.* As mulheres praticando ciência no Brasil. **Revista Estudos Feministas**, v. 24, n. 1, p. 11-30, 2016.
- HALLIDAY, M. A. K. **Language as social semiotic**: the social interpretation of language and meaning. London: Edward Arnold, 1978.
- HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a Natureza da Ciência e suas implicações para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 197-211, 1999.
- HEATH, S. B.; STREET, B. V. **On ethnography**: approaches to language and literacy research. New York: Teachers College Press, 2008.
- HERREID, C. F. What makes a good case. **Journal of college science teaching**, v. 27, n. 3, p. 163-169, 1998.
- HERREID, C. F. The Death of Problem-Based Learning? **Journal of College Science Teaching**. v. 32, p. 364-366, 2003.
- HERREID, C. F. Case Study Teaching. **New directions for teaching and learning**, Wiley Online Library, v.2011, n. 128, p. 31-40, 2011.
- HOFFMAN, R. **O mesmo e o não-mesmo**. Editora UNESP, 2007.
- HUBBER, P. Teacher Perspective of a Representation Construction Approach to Teaching Science. *In*: TYTLER, R. *et al.* (ed.) **Constructing Representations to Learn in Science**, Sense Publishers. p. 134-149, 2013.
- HUBBER, P; TYTLER, R. Models and Learning Science. *In*: TYTLER, R. *et al.* (ed.) **Constructing Representations to Learn in Science**. Sense Publishers, p. 108-133, 2013.
- HUNT, J. Why do Women Leave Science and Engineering? **ILR Review**, v. 69, n. 1, p. 199-226, 2016.
- IRWIN, A. R. Historical case studies: Teaching the nature of science in context. **Science education**, v. 84, n. 1, p. 5-26, 2000.
- IRZIK, G.; NOLAN, R. A family resemblance approach to the nature of science for science education. **Science & Education**, v. 20, n. 7, p. 591–607, 2011.
- JACCOUD, M.; MAYER, R. A observação direta e a pesquisa qualitativa. *In*: POUPART, J. *et al.* **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. 2ª. ed. **Vozes**, 1997.
- JANERINE, A. S. **O processo de configuração identitária docente de licenciandos em Química**: investigando uma experiência de imersão na docência. 2019, 307 p. – Tese (Doutorado) – UFMG – Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social, Faculdade de Educação, 2019.
- JEWITT, C. **Technology, literacy, learning: a multimodality approach**, London: Routledge, 2006.
- JEWITT, C. Multimodality and Literacy in School Classrooms. **Review of Research in Education**, v. 32, p 241-267, 2008.

- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BROCCOS, P. Desafios metodológicos na pesquisa da argumentação em ensino de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. especial, p. 139-159, 2015.
- JUNQUEIRA, M. M.; MAXIMIANO, F. A. A evolução das concepções sobre a natureza da ciência na formação inicial de professores de Química. **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC)**: Abrapec, p. 1-13, 2011.
- KELLY, G. J.; DUSCHL, R. A. Toward a research agenda for epistemological studies in science education. *In*: Annual Meeting of National Association of Research in Science Teaching (NARST), **Proceeding**. Reston: NARST, 2002.
- KRESS, G. *et al.* **Multimodal Teaching and Learning: The Rhetorics of the Science Classroom**. Bloomsbury Academic, 2001.
- KRESS, G.; VAN LEEUWEN, T. **Reading Images: the grammar of visual design**. London & New York: Routledge, 2006.
- KROPF, S. P.; FERREIRA, L. O. A prática da ciência: uma etnografia no laboratório. **História, Ciências, Saúde–Manguinhos**, v. 4, n. 3, p. 589-597, 1998.
- KUHN, T. **A função do dogma na investigação científica**. Tradução: Jorge Dias de Deus. Curitiba: UFPR, SCHLA, 2012.
- LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (org.) **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. Tradução: Octávio Mendes Cajado. São Paulo: Cultrix-EDUSP, 1979.
- LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.
- LE COUTEUR, P.; BURRESON, J. **Os botões de Napoleão**. Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges, Zahar, 2006.
- LEDERMAN, N. G. Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.
- LEDERMAN, N. G. Nature of Science: Past, present, and future. *In*: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. **Handbook of research in Science Education**, New York: Routledge, p. 831-879, 2006
- LEDERMAN, N. G. *et al.* Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.
- LEHESVUORI, S.; VIIRI, J.; RASKU-PUTTONEN, H. Introducing dialogic teaching to science student teachers. **Journal of Science Teacher Education**, v. 22, n. 8, p. 705-727, 2011.
- LINO, T. R.; MAYORGA, C. As mulheres como sujeitos da Ciência: uma análise da participação das mulheres na Ciência Moderna. **Saúde & Transformação Social**, v. 7, n. 3, p. 96-107, 2016.

LOPES, A. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno brasileiro de ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 248-273, 1996.

MANSOUR, N. Science-Technology-Society (STS) A New Paradigm in Science Education. **Bulletin of Science, Technology & Society**, v. 29, n. 4, p. 287 -297, 2009.

MANZINI, E. J. A entrevista na pesquisa social. **Didática**, São Paulo, v. 26/27, p. 149-158, 1990.

MARTIN-DUNLOP, C. S. Prospective elementary teachers' understanding of the nature of science and perceptions of the classroom learning environment. **Research in Science Education**, v. 43, n. 3, p. 873-893, 2013.

MARTINS, L. A. P. Pasteur e a geração espontânea: uma história equivocada. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 65-100, 2009.

MARTINS, M. C. Alfred Nobel: o filantropo que criou o Prêmio Nobel e ignorou a Matemática. **Correio dos Açores**, p. 15, 2015.

MARTINS, R. Como becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 7 (Número Especial), p. 27-45, 1990.

MARTINS, R. A. Hipóteses e interpretação experimental: a conjectura de Poincaré e a descoberta da hiperfosforescência por Becquerel e Thompson. **Ciência & Educação (Bauru)**, p. 501-516, 2004.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. David Bloor e o “Programa Forte” da Sociologia da Ciência: Um Debate Sobre a Natureza da Ciência. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 22, 2020.

MATTHEWS, M. R. Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS). In: KHINE, M. S. (ed.) **Advances in Nature of Science Research: Concepts and Methodologies**. Springer, Dordrecht, 2012.

MENDES, A. A.; MÜLLER, M. G. Um estudo longitudinal acerca da evolução das posturas epistemológicas de um grupo de licenciandos em Química. **Revista Educar Mais**, v. 4, n. 1, p. 205-220, 2020.

MERSETH, K. **Desafios reais do cotidiano escolar brasileiro**. Editora Moderna, 2018

MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. **Revista Ensaio**, v. 05, n. 02, p. 73-91, 2003.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T.; OSTERMANN, F. História e epistemologia da Física na licenciatura em Física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. **Revista brasileira de ensino de Física**. v. 29, n. 1 p. 127-134, 2007.

MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. (ed.) Conceptual profiles: A theory of teaching and learning scientific concepts. **Springer Science & Business Media**, 2014.

MORTIMER, E. F.; MORO, L.; SÁ, E. F. Referenciais teóricos utilizados na pesquisa: Discurso, Semiótica Social e Multimodalidade. In: MORTIMER, E. F.; QUADROS, A. L. (org.) **Multimodalidade no Ensino Superior**. Editora UNIJUÍ, 2018.

- MORTIMER, E. F.; QUADROS, A. L. **Multimodalidade no Ensino Superior**. Editora Unijuí, 2018.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Atividade Discursiva nas Salas de Aula de Ciências: Uma Ferramenta Sociocultural para Analisar e Planejar o Ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, p. 283-306, 2002.
- MUENCHEN, C.; AULER, D. Configurações curriculares mediante o enfoque CTS: desafios a serem enfrentados na educação de jovens e adultos. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 3, p. 421-434, 2007.
- NASCIMENTO, H. H. F.; ALMEIDA, M. A. V.; CAMPOS, A. F. Desenvolvimento conceitual na formação inicial de professores de Química: evolução de concepções sobre a natureza da ciência orientada por um programa em História da Química. **Atas do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2013.
- NORRIS, S. **Analyzing multimodal interaction: a methodological framebook**. Nova York: Routledge, 2004.
- NÓVOA, A. Firmar a posição como professor, afirmar a profissão docente. **Cadernos de Pesquisa**, v. 47, n. 166, p. 1106-1133, 2017.
- NÓVOA, A. Formação de professores e profissão docente. *In*: António Nóvoa (coord.). **Os professores e sua formação**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, p. 13-33, 1992.
- NUTHALL, G. The Way Students Learn: Acquiring knowledge from an integrated science and social studies unit. **The Elementary School Journal**, v. 99, p. 303-341, 1999.
- PEREIRA, L. R.; CARDINAL, M. R. Palmas para sua solução. *In*: QUEIROZ, S. L.; CABRAL, P. F. O. **Estudos de Caso no Ensino de Ciências Naturais**. Centro de Divulgação Científico Cultural – USP, 2016.
- PERES, R. S.; SANTOS, M. A. Considerações gerais e orientações práticas acerca do emprego de estudos de caso na pesquisa científica em psicologia. **Interações**, v. 10, n. 20, p. 109-126, 2005.
- PERRENOUD, P. A formação de professores no século XXI. *In*: PERRENOUD, P. *et al.* **As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação**. Artmed Editora, 2007.
- PERRENOUD, P. **Ensinar: agir na urgência, decidir na incerteza; saberes e competências em uma profissão complexa**. Porto Alegre. Artmed, 2 ed., 2001.
- PRAIN, V.; TYTLER, R. Representing and Learning in Science. *In*: TYTLER, R. *et al.* (ed.) **Constructing Representations to Learn in Science**. Sense Publishers, p. 1-14, 2013.
- PRAIN, V., WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 2006.
- PRAIN, V., WALDRIP, B. A Study of Teachers' Perspectives about Using Multimodal Representations of Concepts to Enhance Science Learning. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**. V. 8, n. 1, p. 5-24, 2008.
- PRAIN, V.; WALDRIP, B. Representing Science Literacies: An Introduction. **Research in Science Education**, v. 40, n. 1, p. 1-3, 2010.

QUADROS, A. L. A Água como Tema Gerador do Conhecimento Químico. **Química Nova na Escola**, n. 20, p. 26-31, 2004.

QUADROS, A. L. **Aulas no ensino superior: uma visão sobre professores de disciplinas científicas na licenciatura em Química da UFMG**. 2010, 293 p. – Tese (Doutorado) – UFMG – Programa de Pós-Graduação em Educação, Conhecimento e Inclusão Social da Faculdade de Educação, 2010.

QUADROS, A. L. Novas e antigas práticas se encontrando em um processo criativo do ato de ensinar Química. *In*: PASTORIZA, B. S.; SANGIOGO, F. A.; BOSENBECKER, V. K. (org.) **Reflexões e Debates em Educação em Química**. Ações, Inovações e Políticas. Editora CRV, Curitiba, 2017.

QUADROS, A. L. **Representações Multimodais no Ensino de Ciências: compartilhando experiências**. Editora CRV, Curitiba, 2020.

QUADROS, A. L. *et al.* Os professores que tivemos e a formação de nossa identidade como docentes: um encontro com nossa memória. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 7, n. 1, p. 4-11, 2005.

QUADROS, A. L. *et al.* A contribuição do estágio no entendimento do papel do professor de Química. **Educação e Realidade**, v. 41, n. 3, p. 889, 2015.

QUEIROZ, S. L.; CABRAL, P. F. O. **Estudos de Caso no Ensino de Ciências Naturais**. Centro de Divulgação Científico Cultural – USP, 2016.

RIBEIRO, J. **O que é positivismo**. Coleção Primeiros Passos. Editora Brasiliense, 1984.

RODRIGUES, V. S. Controvérsias em torno da pílula anticoncepcional: usos e recusas do medicamento por jovens mulheres das classes médias urbanas. **Anais da VII Reunião de Antropologia da Ciência e Tecnologia**, 2019.

RONDELLI, D. R. R. **As (in)certezas da ciência**: uma análise das representações da ciência médica no programa Fantástico. 2014, 211 p. – Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Estudos da Linguagem, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/269494>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

RUDGE, D. W. *et al.* Changes observed in views of nature of science during a historically based unit. **Science & Education**, v. 23, n. 9, p. 1879-1909, 2014.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em Química. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.

SANTOS, M. A. R.; JUSTI, R. Utilização de História da Ciência no ensino visando o aprendizado de Natureza da Ciência. **Atas do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, UFSC, 2017.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 2, n. 2, p. 1-23, 2002.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. A argumentação em discussões sócio-científicas: reflexões a partir de um estudo de caso. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 1, 2001.

- SCHMITT, C. S.; DOMINGUES, M. J. C. S. Estilos de aprendizagem: um estudo comparativo. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 21, n. 2, p. 361-386, 2016.
- SCHNETZLER, R. P. O Professor de Ciências: problemas e tendências de sua formação. *In*: SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. (org.) **Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens**. Campinas, Unimep, p. 15-31, 2000.
- SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de Química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química nova**, v. 25, n. supl. 1, p. 14-24, 2002.
- SCHÖN, A. D. **Educando o profissional reflexivo**: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Artmed, Porto Alegre, 2000.
- SIRGADO, A. P. O social e o cultural na obra de Vigotski. **Educação & Sociedade**, v. 21, n. 71, p. 45-78, 2000.
- SISSON, N.; WINOGRAD, M. A Ciência de Freud: introdução ao problema da cientificidade da psicanálise. **Fractal: Revista de Psicologia**, v. 22, n. 1, p. 67-84, 2010.
- SMART, J. B.; MARSHALL, J. C. Interactions between classroom discourse, teacher questioning, and student cognitive engagement in middle school science. **Journal of Science Teacher Education**, v. 24, n. 2, p. 249-267, 2013.
- SPRADLEY, J. P. **The ethnographic interview**. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1979.
- TANG, K.; DELGADO, C.; MOJE, E. B. An Integrative Framework for the Analysis of Multiple and Multimodal Representations for Meaning-Making in Science Education. **Science Education**, v. 98, n. 2, p. 305-326, 2014.
- TARDIF, M. Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários. Elementos para uma epistemologia da prática profissional dos professores e suas consequências em relação à formação para o magistério. **Revista Brasileira de Educação**, n. 13, p. 5-23, 2000.
- TAVARES, E. J. M. **Evolução das concepções de alunos de Ciências Biológicas da UFBA sobre a Natureza da Ciência**: Influências da iniciação científica, das disciplinas de conteúdo específico e de uma disciplina de história e filosofia das ciências. 2006, 183 p. – Dissertação (Mestrado) – UFBA, 2006.
- TEIXEIRA, S.; FREIRE, E.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de Física. **Ciência & Educação**. v. 15, n. 3, p. 529-556, 2009.
- TYTLER, R. *et al.* **Constructing Representations to Learn in Science**. Sense Publishers, 2013a.
- TYTLER, R. *et al.* A Representation construction Approach. *In*: TYTLER, R. *et al.* (ed.), **Constructing Representations to Learn in Science**. Sense Publishers, p. 31-50, 2013b.
- UFMG. Instituto de Ciências Exatas. **Projeto Pedagógico do Curso de Química**. Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <https://www2.ufmg.br/quimica/quimica/Home/Cursos>. Acesso em 11/07/2019.
- VIGOTSKI, L. S. **A Formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VIGOTSKI, L. S. Estudo experimental do desenvolvimento dos conceitos. VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**, São Paulo: Martins Fontes, p. 151-239, 2001.

VILELA-RIBEIRO, E. B.; BENITE, A. M. C. Concepções sobre natureza da ciência e ensino de ciências: um estudo das interações discursivas em um Núcleo de Pesquisa em Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, 2009.

WALDRIP, B.; PRAIN, V. Teachers' initial response to a representational focus. *In*: TYTLER, R. *et al.* (ed.) **Constructing Representations to Learn in Science**. Sense Publishers, p. 15-30, 2013.

WALDRIP, B.; PRAIN, V.; CAROLAN, J. Using Multi-Modal Representations to Improve Learning in Junior Secondary Science. **Research in Science Education**, v. 40, n. 1, p. 65-80, 2010.

WALLACE, J.; LOUGHRAN, J. Science Teacher Learning. *In*: FRASER, B. J.; TOBIN, K. G.; McROBBIE, C. J. (ed.) **Second International Handbook of Science Education**. Springer, 2012.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de Química e as categorias da semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 275-290, 2011.

WENZEL, J. S. Políticas curriculares e a formação docente: um olhar para as 400h de prática de ensino. *In*: PASTORIZA, B. S.; SANGIOGO, F. A.; BOSENBECKER, V. K. (org.) **Reflexões e Debates em Educação em Química**. Ações, Inovações e Políticas. CRV, p. 81-91, 2017.

ANEXO 1

I. Parecer COEP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A EVOLUÇÃO DE CONCEPÇÕES SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA A PARTIR DE ESTUDOS DE CASO HISTÓRICOS E CONTEMPORÂNEOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Pesquisador: Ana Luiz de Quadros

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 88864518.3.0000.5149

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.892.934

Apresentação do Projeto:

Pesquisadores da área da educação têm argumentado em torno de um ensino mais inovador, no qual deve ser superado o modelo de transmissão de informações e conceitos pré-estabelecidos, sem uma atenção para o processo de significação. Na literatura especializada em Educação e Ciências algumas tendências de ensino vêm sendo amplamente discutidas. Fazem parte dessas tendências algumas orientações advindas do Movimento CTS – Ciência-Tecnologia-Sociedade e questões sobre a Natureza da Ciência. É importante considerar essas tendências na formação do professor, uma vez que a atuação do professor é considerada fundamental para que essas tendências estejam presentes nas salas de aula da Educação Básica. Dados de pesquisa têm demonstrado que os docentes carregam visões pouco realistas sobre a Natureza da Ciência. Para Gil-Pérez *et al.* (2001) concepções epistemológicas inadequadas sobre a construção do conhecimento podem ser consideradas alguns dos principais obstáculos para os movimentos de renovação da educação científica, como é o caso do movimento CTS. Considerando o exposto, este projeto de doutorado tem o objetivo de analisar como estudos de caso históricos e contemporâneos, trabalhados em uma disciplina do curso de Licenciatura em Química da UFMG, podem auxiliar na evolução de concepções sobre Natureza da Ciência, em futuros professores. Para isso propomos a aplicação de um questionário inicial e final, a observação e filmagem das aulas e o acompanhamento da evolução dos licenciandos através de atividades desenvolvidas durante o curso.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Analisar a possibilidade de melhorar o conhecimento sobre a Natureza da Ciência em professores em formação, por meio de estudos de caso histórico e contemporâneos, e em relação a como esse “conhecer” interfere no planejamento de aulas e, provavelmente, na qualidade das aulas que esse professor vai desenvolver depois de formado.

Objetivos Secundários:

- 1) Identificar quais as concepções sobre Natureza da Ciência os licenciandos possuem antes e depois de lidar com estudos de caso sobre a Ciência.
- 2) Desenvolver estudos de caso e analisar a contribuição deles na evolução dessas concepções.
- 3) Identificar quais as estratégias utilizadas durante o estudo de caso têm o potencial de facilitar a evolução das concepções dos licenciandos sobre Natureza da Ciência.
- 4) Identificar quais as reflexões sobre a Natureza da Ciência esses licenciandos incorporam em seu discurso sobre a prática futura em sala de aula.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Segundo a pesquisadora os riscos a serem considerados são os desconfortos e constrangimentos que podem surgir com a filmagem das aulas.

Benefícios:

Segundo a pesquisadora essa pesquisa pode auxiliar na elaboração de estratégias mais eficazes em relação à formação de professores de Química.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A formação de professores tem sido foco de inúmeras pesquisas na literatura na área da Educação e dentro desse campo a formação do professor de Ciências possui grande relevância e apresenta suas próprias peculiaridades. Fazem parte das necessidades formativas do professor questões relacionadas à epistemologia, à Natureza da Ciência, questões sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), o discurso em sala de aula, entre outros.

Considerando que o entendimento adequado sobre epistemologia das Ciências por parte dos professores é essencial para a educação voltada para relações CTS, o objetivo deste projeto de doutorado é analisar a possibilidade de melhorar o conhecimento sobre a Natureza da Ciência em professores em formação, por meio de estudos de caso históricos e contemporâneos e como esse “conhecer” interfere no planejamento de aulas e, provavelmente, na qualidade das aulas que esse professor vai desenvolver depois de formado. As principais questões de pesquisa são: Por meio de estudos de caso históricos e contemporâneos é possível melhorar o conhecimento sobre a própria Ciência? E como esse “conhecer” interfere no planejamento de aulas e, provavelmente, na qualidade das aulas que esse professor vai desenvolver depois de formado? A pesquisa qualitativa será realizada no Departamento de Química da UFMG com estudantes de Licenciatura em Química durante uma disciplina optativa do curso. A pesquisa será dividida em três etapas: a) planejamento da disciplina optativa, que consistirá na seleção e construção de estudos de caso e será realizado em conjunto com a professora responsável pela disciplina; b) acompanhamento das aulas da disciplina, será feito através da aplicação de

questionário inicial e final e observação das aulas através do registro de diário de campo, áudio e imagem; e c) análise conjunta dos dados provenientes dos questionários, da observação (filmagem e diário de campo) e das atividades desenvolvidas.

Os dados provenientes dos questionários, da observação (filmagem e diário de campo) e das atividades desenvolvidas serão analisados em conjunto com o intuito de perceber se as concepções sobre Natureza da Ciência evoluíram e como se deu esse processo ao longo da disciplina.

Aliando os três instrumentos de coleta de dados, acredita-se que será possível produzir dados que permitam realizar um estudo descritivo sobre o contexto e os sujeitos da pesquisa, identificar as concepções iniciais e como elas evoluem à medida que os sujeitos forem expostos às atividades da disciplina. Serão utilizados métodos de análise de conteúdo e análise de discurso dos participantes.

O projeto apresenta tema de relevância para a pesquisa e a prática em educação em Ciências e para os processos de formação de professores de Química, sobre os estudos da Natureza da Ciência. Apresenta também bibliografia pertinente sobre o tema objeto de estudo e metodologia adequados a proposta

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Documentação apresentada: 1 - PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1066613, 2 - Carta_Resposta, 3 - TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO, 4 - TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO, 5 - parecer, 6 - projeto_de_doutorado, 7 - termo_de_compromisso, 8- Termo_de_anuencia_lcx, 9-Termo_de_anuencia_DQ, 10 - Folha

Recomendações:

Após as modificações realizadas pela pesquisadora na documentação apresentada atendendo as solicitações do comitê de ética e pesquisa em humanos da UFMG recomendo a aprovação do projeto.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista a legislação vigente (Resolução CNS 466/12), o CEP-UFMG recomenda aos Pesquisadores: comunicar toda e qualquer alteração do projeto e do termo de consentimento via emenda na Plataforma Brasil, informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa (via documental encaminhada em papel), apresentar na forma de notificação relatórios parciais do andamento do mesmo a cada 06 (seis) meses e ao término da pesquisa encaminhar a este Comitê um sumário dos resultados do projeto (relatório final).

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
----------------	---------	----------	-------	----------

Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1066613.pdf	20/08/2018 17:30:09		Aceito
Outros	Carta_Resposta.pdf	20/08/2018 17:19:48	Daniela Martins Buccini Pena	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_professor.pdf	20/08/2018 17:17:50	Daniela Martins Buccini Pena	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_licenciandos.pdf	20/08/2018 17:17:34	Daniela Martins Buccini Pena	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	parecer4.pdf	20/08/2018 17:15:25	Daniela Martins Buccini Pena	Aceito
Ausência	parecer4.pdf	20/08/2018 17:15:25	Daniela Martins Buccini Pena	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_de_doutorado.pdf	04/04/2018 20:07:21	Daniela Martins Buccini Pena	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	termo_de_compromisso.pdf	04/04/2018 20:05:49	Daniela Martins Buccini Pena	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_anuencia_lcxex.pdf	04/04/2018 20:05:34	Daniela Martins Buccini Pena	Aceito

TCLE / Termos de Assentiment o / Justificativa de Ausência	Termo_de_anuencia_DQ.pdf	04/04/2018 20:05:17	Daniel a Martin s Buccini Pena	Aceit o
Folha de Rosto	folha.pdf	04/04/2018 19:49:05	Daniel a Martin s Buccini Pena	Aceit o

Página 04 de

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 13 de setembro de 2018

Assinado por:
Eliane Cristina de Freitas Rocha
(Coordenador)

ANEXO 2

A pílula

(baseado no texto “A Pílula”, do livro Os Botões de Napoleão)

A descoberta do anticoncepcional não ocorreu de uma hora para outra, mas certamente mudou a vida da população quase de uma hora para outra!

O estudo talvez tenha começado com o cientista Russell Marker. Em 1923, Marker decidiu estudar melhor os esteroides e em meio aos seus estudos encontrou uma forma de produzi-los em maior quantidade para serem utilizados em diversas pesquisas. Na época tratava-se de uma substância de difícil acesso até para a pesquisa. Ao pesquisar plantas, encontrou uma que continha uma quantidade maior de um tipo de esteroide e desenvolveu um método eficaz (usado até hoje) para isolar a estrutura básica desse esteroide.

Graças a essas descobertas, em torno de 1950 a progesterona já era produzida em larga escala, mas era injetada por via intravenosa e em grandes quantidades. Em 1951 foi patenteado o primeiro anticoncepcional: a Noretindrona. Seu uso, influenciado por diversos fatores, foi disseminado pelo mundo. E essa “pílula” foi tecnologicamente muito melhorada ao longo do tempo.

Caso:

Maria é uma mulher de classe média baixa, de apenas 30 anos, que precisa trabalhar para sustentar seus três filhos. Para evitar outra gravidez, orientada por um médico, Maria passou a tomar um anticoncepcional. Ao iniciar o uso, Maria sentiu enjoos e dores de cabeça. Os sintomas não melhoraram com o passar dos meses, então Maria decidiu ir ao médico. O médico ao examiná-la, perguntou:

Médico: *Maria, você possui algum caso de câncer na família?*

Maria: *Sim, doutor. Minha mãe faleceu há alguns anos com essa doença. Ela teve câncer nos seios, mas quando descobriu já não havia mais tempo para tratamento.*

Médico: *Maria, vamos fazer alguns exames! O seu histórico familiar exige cuidados, principalmente em relação ao anticoncepcional.*

Maria: *E o que eu vou fazer, se for isso mesmo?*

Essa situação precisa ser discutida. Vamos fazer isso?

Grupo 1 – Suponha que você seja o **médico** – usará os conhecimentos da Ciência para aconselhar Maria a não usar anticoncepcional, baseando-se em suas consequências

na saúde da mulher.

Grupo 2 – Suponha que você seja uma **mulher** esclarecida e independente – usará os direitos da mulher em decidir sobre o seu próprio corpo e defenderá a liberdade feminina que o uso do anticoncepcional propicia.

Todos – Suponha que você seja **Maria ou uma pessoa da sociedade**, que precisa tomar decisões, a partir dos argumentos dos dois grupos anteriores.

Você irá fazer leituras e conversar com pessoas para preparar seus argumentos para um debate. Esse debate terá as seguintes regras:

- O grupo “médico” escolhe um representante para apresentar os argumentos iniciais. Qualquer membro do grupo 2 pode questionar esses argumentos, por no máximo 10 minutos, e qualquer integrante do grupo “médicos” irá responder aos questionamentos.

- O grupo “mulher” escolhe um representante para apresentar os argumentos iniciais. - Qualquer membro do grupo 1 pode questionar esses argumentos, por no máximo 10 minutos, e qualquer integrante do grupo “mulheres” irá responder aos questionamentos.

- O grupo “Maria ou pessoa da sociedade” questiona os dois grupos. Nesse momento os dois grupos continuarão a defender seus argumentos pelo tempo a ser definido durante a aula.

- O restante do tempo pode ser usado para que qualquer pessoa faça questionamentos, independentemente da postura dos grupos, ou seja, o grupo está liberado da postura fictícia.

- A professora faz parte do grupo “Maria ou pessoa da sociedade”

Fonte: ALBERTOR, A. C; BUCCINI, D. M.; QUADROS, A. L. O Anticoncepcional como estudo de caso em sala de aula. *In*: QUADROS, A. L. Aprender Ciências Por Meio de Estudos de Caso. **CRV**, 2021.

APÊNDICES

I. Instrumentos utilizados na pesquisa

I.1. Roteiro da entrevista

- Na disciplina você propôs um estudo de caso envolvendo “.....assunto....”. Comente sobre essa proposta: como surgiu? O que motivou você a explorar esse assunto?
- Um estudo de caso exige, além da organização, ao menos 2h/aula para que os estudantes apresentem suas propostas e tenham um *feedback* do professor. Portanto, para realizá-lo, será necessário esse tempo. Além dos estudos de caso, também teve o trabalho com representações e exemplos de algumas aulas que fogem da organização didática normalmente utilizada na maioria das escolas (ex. a aula do ciclo da água e ligações). Você considera utilizar em sua prática futura atividades como essas? Como você lidaria com a questão do tempo e do currículo? Como esse tempo se relaciona com o conteúdo da disciplina? (pode explicar)
- Vocês trabalharam com representações em algumas aulas. Para você, qual a importância de o estudante saber fazer uma representação? Para que serve uma representação? O que significa representar?
- A disciplina que você cursou chamava-se “Que Ciência é ensinada em sala de aula?”. Se você se tornar professor, que Ciência você pretende ensinar em sala de aula?
- Durante o desenvolvimento da disciplina foram trabalhados diversos temas, diversas abordagens e discussões variadas. Você poderia escolher uma (ou mais) atividade (s) da disciplina que foi (foram) mais significativa (s) para você? Por que elas foram significativas?

I.2. Questões do Questionário

1. Nome:
2. Sexo:
3. Qual a modalidade do curso de Química está cursando?
4. Em qual ano e semestre você ingressou no curso de Química?
5. Já cursou alguma disciplina pedagógica? Quais?
6. Já fez algum estágio na área educacional? Se já fez algum estágio na área educacional conte um pouco de sua experiência.
7. Você já assumiu a função de professor além do estágio? Se já assumiu a função de professor conte um pouco de sua experiência.
8. Você já deve ter assistido aulas com professores que considerou muito bons e outros que talvez tenham deixado a desejar. Que características você considera necessárias para que um professor de Química seja considerado bom?
9. Considerando que você pode se tornar um professor de Química, diga que tipo de professor você gostaria de ser. Ao responder, procure descrever como pensa a sua prática futura.
10. Bons professores também têm sido criticados pelo fato de seus estudantes aprenderem pouco. Por que você acha que isso acontece?
11. Construa um pequeno texto a partir da sentença a seguir. ENSINAR QUÍMICA É...
12. A PARTIR DAQUI QUEREMOS SABER SUA OPINIÃO. POR ISSO EXPLIQUE O MÁXIMO QUE CONSEGUIR: O que torna a Ciência (ou uma disciplina científica como a Química, a Física, a Biologia etc.) diferente de outras formas de investigação (por exemplo religião, filosofia)?
13. Teoria é um conceito bastante presente quando estudamos Química, por exemplo. O que, para você, é uma teoria?
14. Acredita-se que há cerca de 65 milhões de anos os dinossauros foram extintos. Entre as hipóteses formuladas pelos cientistas para explicar a extinção, duas gozam de maior apoio. A primeira, formulada por um grupo de cientistas, sugere que um imenso meteorito atingiu a Terra há 65 milhões de anos e acarretou uma série de eventos que causou a extinção. A segunda hipótese, formulada por um outro grupo de cientistas, sugere que grandes e violentas erupções vulcânicas foram responsáveis pela extinção. Como essas conclusões diferentes são possíveis se os cientistas de ambos os grupos tiveram acesso e utilizaram o mesmo conjunto de dados para obter suas conclusões?
15. Os cientistas realizam experimentos/investigações científicas quando estão tentando encontrar respostas para as questões que eles próprios

propuseram. Em sua opinião, os cientistas usam sua criatividade e imaginação durante suas investigações?

a) Se você respondeu sim, em qual ou quais estágios da investigação você acredita que os cientistas utilizam a imaginação e a criatividade: projeto e planejamento; coleta de dados; após a coleta de dados? Explique a sua resposta, procurando elucidar como eles usam a criatividade no(s) estágio(s) que você indicou. Forneça exemplos se for apropriado.

b) Se você acredita que cientistas não usam a imaginação e a criatividade, por favor justifique sua resposta e forneça exemplos sempre que possível.

16. Algumas pessoas afirmam que a Ciência é impregnada por valores sociais e culturais, isto é, a Ciência reflete os valores sociais e políticos, as suposições filosóficas e as normas intelectuais da cultura na qual ela é praticada. Outras pessoas afirmam que a Ciência é universal, isto é, a Ciência transcende as fronteiras nacionais e culturais e não é afetada por valores sociais, políticos e filosóficos e pelas normas intelectuais da cultura na qual ela é praticada.

a) Se você acredita que a Ciência reflete valores sociais e culturais, explique por que e como. Defenda sua resposta com exemplos.

b) Se você acredita que a Ciência é universal, explique por que e como. Defenda sua resposta com exemplos.