

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL EM EDUCAÇÃO

**O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO NA
EDUCAÇÃO SUPERIOR: UM AMBIENTE PARA O
ESTUDO DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA**

FÁBIO AUGUSTO RODRIGUES E SILVA

Belo Horizonte

Dezembro de 2011

Fábio Augusto Rodrigues e Silva

**O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO NA EDUCAÇÃO
SUPERIOR: UM AMBIENTE PARA O ESTUDO DA
APRENDIZAGEM CIENTÍFICA**

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

Linha de pesquisa: Educação e Ciências

**Orientador: Prof. Dr. Eduardo Fleury
Mortimer**

**Belo Horizonte
Faculdade de Educação da UFMG
2011**

Para Vanessa, Júlia e meus pais

AGRADECIMENTOS

A Vanessa, pela sua confiança e apoio. Te amar é o meu maior e melhor projeto;

A Júlia, minha filha, pelos sorrisos, travessuras e ensinamentos;

A meus pais, Geraldo e Romilda, pelos exemplos e pela dedicação;

A meu irmão Fabrício e cunhada Carol, pela amizade.

Ao meu orientador, Eduardo Fleury Mortimer, pelo aprendizado desafiante e vibrante vivenciado nesta atual empreitada.

Ao amigo Chico e à amiga Selma, que abriram o coração para me acolher, e criaram as oportunidades que indicaram caminhos a serem trilhados.

Aos professores Helder e Cristiano, por todas as contribuições que permitiram o enriquecimento do trabalho;

A todos professores e colegas da Faculdade de Educação, principalmente os integrantes do grupo de pesquisa “Linguagem e Cognição em salas de aula de Ciências”, pelos diálogos que contribuíram para o meu aprendizado ou para rir das coisas mais singelas da vida;

Aos funcionários da Secretaria de Pós-graduação, pela atenção e préstimos;

Aos alunos do grupo das formigas-fantasma, que, ao aceitarem participar, tornaram possível essa pesquisa;

Aos professores da disciplina “Projetos em Bioquímica” pela oportunidade de estudar uma experiência tão significativa de ensino e aprendizagem em ciências.

A todos os meus companheiros, alunos e professores da UFOP e principalmente do Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix, pelas experiências profissionais e pessoais que fazem acreditar que vale a pena ser educador e formar professores.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desse trabalho.

“(...)a inovação não é a mesma para quem a promove, para quem a facilita, para quem a põe em prática ou para quem recebe os seus efeitos. Portanto, a definição do que constitui uma inovação resulta da confluência de uma pluralidade de olhares.” (HERNÁNDEZ et al., 2000, p.19)

RESUMO

Esta tese apresenta os resultados de uma pesquisa sobre o ambiente de aprendizagem proporcionado por uma disciplina oferecida pelo Departamento de Bioquímica e Imunologia de um curso de ciências biológicas de uma instituição federal de ensino superior. A disciplina tem por objetivo proporcionar aulas investigativas aos alunos. Para tanto, os grupos de alunos conduzem trabalhos abertos caracterizados como projetos de pesquisa que exigem a mobilização de conceitos, procedimentos e habilidades relacionados à investigação científica e/ou à bioquímica. A estratégia utilizada na disciplina se aproxima da abordagem de ensino de ciências por investigação que é considerada como ponto fundamental para a educação científica em nações como EUA e Reino Unido. No Brasil, a adoção dessa abordagem é incipiente o que exige muitas reflexões sobre o seu real potencial. Nesse sentido, esta tese tem por objetivo analisar o ambiente de aprendizagem oportunizado pela disciplina investigada para verificar quais são as suas contribuições na formação de alunos em um curso de formação de cientistas. Os dados que são analisados neste trabalho foram obtidos por meio de produções escritas e filmagens em tempo real da atividade de um grupo que investigou, primeiro na cebolinha e depois no cravo da Índia, se existia propriedade repelente sobre uma espécie de formiga: a formiga-fantasma. O grupo pretendia desenvolver um produto natural para ser utilizado em ambientes domésticos, principalmente em cozinhas. Além disso, foi realizada uma entrevista com um dos professores da disciplina. Para análise dos dados foram utilizados aportes teóricos e metodológicos oriundos dos estudos da sociologia das ciências, dos estudos epistemológicos da educação científica e da teoria da atividade. Esses diferentes referenciais teóricos permitiram: i) descrever e analisar a estrutura da disciplina e da atividade do grupo investigado, possibilitando destacar os diferentes elementos que configuram a situação estudada; ii) delinear o desenvolvimento da atividade do grupo, explicitando os principais eventos que a moldaram durante o semestre; iii) caracterizar os diferentes momentos da atividade, distinguindo as situações de produção das situações de comunicação; iv) analisar processos de enculturação científica, evidenciando os processos de transformação de uma ação em operação epistêmicas e v) estudar os processos de tomada de decisão, propiciando uma compreensão acerca das discussões vivenciadas pelo grupo no desenvolvimento do seu projeto de pesquisa. A análise dos dados evidenciou eventos de aprendizagem na e pela prática que acontecem pelo engajamento dos participantes na atividade, principalmente na busca das soluções para os diferentes problemas e contradições. O exame dos processos de tomada de decisão permitiu ressaltar aspectos que norteiam as negociações engendradas no curso da investigação, identificar como são modificadas convicções e como são valorizados determinados tipos de enunciados. Além disso, ele revela fatores que orientam, delimitam e transformam essa atividade investigativa escolar. Portanto, acredita-se que a tese oferece subsídios para o entendimento dos limites e dos potenciais das atividades investigativas como ambientes que podem ou não criar oportunidades para os estudantes participarem, compartilharem e vivenciarem práticas semelhantes as que são encontradas nos laboratório das ciências naturais.

ABSTRACT

This thesis shows the results of a research about the learning environment provided by a module offered by the Biochemistry and Immunology department of a Federal University Institution. The module has as its objective to provide its students with inquiry activities. For that, groups of students carry out open works that are characterized as research projects that demand the mobilizing of concepts, procedures and abilities related to scientific investigation and/or biochemistry. The strategy used in this module is similar to the approach in science teaching where the inquiry is considered a fundamental point for scientific education in nations such as the USA and Great Britain. In Brazil, adopting this approach is incipient, which demands many reflections about its real potential. Therefore, this thesis aims at analyzing the learning environment provided by the investigated module to verify which is their contribution to the students' formation in a course that is forming scientists. The data analyzed in this paper were obtained through written and filmed productions of a live group performing who dedicated to a project that investigated if there was any repellent property, first in the chives and then on cloves, on an ant species, the phantom ant. The group intended to develop a natural product which could be used in domestic environments, especially kitchens. Furthermore, an interview was carried out with one of the teachers of this subject. Theoretical and methodological supports from science sociology studies, epistemological studies of scientific education and activity theory, were used to analyze the data. These different theoretical referential allowed to: i) describe and analyze the module structure and the activity of the investigated group, which helped highlight the different group elements that took part in the studied situation; ii) delineate the development of the group activity, explicating the main events that molded it during the semester; iii) characterize the different moments of the activity, distinguishing the production situations from the communication ones; iv) analyze the scientific culturing processes, evidencing the transforming processes of an action in epistemic operations and; v) study the decision making processes providing an understanding of the discussions lived by the group in the development of its research project. The data analyzes provided the evidencing of learning events in and by practice that happened because of the engagement of the group in the activities, mainly in the search of solutions for different problems and contradictions. The decision making processes exams allowed to outline the aspects that oriented the negotiations engendered in the investigation course, identifying how convictions are changed and how some determined statements are valued. Besides, it reveals factors that orient, delimit and transform this school investigative activity. Therefore, it is believed that this thesis offers subsidies to understand the limits and potential of the investigative activities as an environment that can or cannot create opportunities for the students to participate, share and experience practices similar to those which are found in natural science laboratories.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1. Práticas epistêmicas de acordo com sua conexão com o conhecimento	60
Quadro 2. Práticas epistêmicas de acordo com a sua conexão com o conhecimento	62
Quadro 3. Modelo do mapa geral das aulas	101
Quadro 4. Modelo de sequências de ações em aula do grupo analisado	102
Quadro 5. Modelo de quadro-síntese dos processos de tomada de decisão	103
Quadro 6. Aulas da disciplina e as ações complexas realizadas pelo grupo investigado	123
Quadro 7. Trecho da seção Métodos e Procedimentos no artigo “Avaliação da propriedade repelente de <i>Eugenia caryophyllata</i> em formigas <i>Tapinoma melanocephalum</i> ” produzido pelo grupo investigado.	177
Quadro 8. Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre a escolha da espécie de formiga investigada	181
Quadro 9. Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre captura e manipulação das formigas	184
Quadro 10. Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre prazo para das formigas	186
Quadro 11. Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre armazenamento e transporte das formigas	191
Quadro 12. Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre a temperatura das formigas para os ensaios experimentais	196
Quadro 13. Trecho da seção Métodos e Procedimentos no artigo “Avaliação da propriedade repelente de <i>Eugenia caryophyllata</i> em formigas <i>Tapinoma melanocephalum</i> ” produzido pelo grupo investigado	199
Quadro 14. Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre utilização da cebolinha nos ensaios experimentais	206
Quadro 15. Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre utilização do cravo da índia nos ensaios experimentais	216
Quadro 16. Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre a influência da água nos resultados	225
Quadro 17. Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre a relação entre a pigmentação e a propriedade repelente	234
Quadro 18. Quadro-síntese do processo de tomada de decisão relacionadas a concentração do extrato de cravo da índia	241
Quadro 19. Quadro-síntese do processo de tomada de decisão relacionadas a estabilidade do extrato de cravo da índia	255
Figura 1. Modelo de ação mediada proposto por Vygotsky	79
Figura 2. Modelo de ação mediada reformulado pela Teoria da Atividade	79
Figura 3. A estrutura da atividade humana segundo Engeström	86
Figura 4. A estrutura da atividade de investigação científica escolar: modelo adaptado para análise de processos de ensino por investigação e para o estudo das operações epistêmicas	107
Figura 5. Modelo da atividade de investigação sobre a propriedade repelente do cravo da índia sobre a formiga fantasma realizada pelo grupo humana	109
Figura 6. Experimento montado para ensaio experimental que verifica a eficiência do extrato de cravo da índia como repelente de formigas-fantasma	113
Figura 7. Diagrama dos processos de tomada de decisão sobre os procedimentos de captura e armazenamento das formigas fantasma	179
Figura 8. Diagrama dos processos de tomada de decisão sobre a escolha do vegetal pesquisado	200
Figura 9. Diagrama dos processos de tomada de decisão sobre os procedimentos de utilização do extrato de cravo da índia	260

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
LISTAS DE ILUSTRAÇÕES.....	8
INTRODUÇÃO	12
CAPITULO 1: REFERENCIAL TEÓRICO	20
1.1. O Ensino de Ciências por Investigação	21
1.1.1. Os primórdios da educação científica: primeiras concepções sobre investigação escolar.....	23
1.1.2. Movimento de Reforma da Educação Científica: Anos 50 a 70.	27
1.1.3. Movimento de Reforma da Educação Científica: dos anos 80 aos dias atuais	31
1.2. Estudos epistemológicos e a educação científica	37
1.2.1. O estudo das práticas científicas	39
1.2.2. As práticas epistêmicas: objetos de pesquisa	43
1.2.3. Os estudos sobre práticas epistêmicas	49
1.2.3. Os estudos sobre práticas epistêmicas do grupo de pesquisa “Linguagem e Cognição em sala de aula de ciências”	57
1.3. A Teoria da Atividade: Um referencial para estudos sobre práticas epistêmicas.....	68
1.3.1. As três gerações da Teoria da Atividade.....	69
1.3.2. Pressupostos Marxistas da Teoria da Atividade	72
1.3.3. Características da Teoria da Atividade	75
1.3.4. Leontiev e a estrutura da atividade humana.....	84
1.3.5. As contribuições de Engeström para as pesquisas da Teoria da Atividade	87
1.3.6. A natureza dinâmica da atividade humana	91
CAPÍTULO 2 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	95

2.1. O contexto da pesquisa.....	97
2.2. Procedimentos de coleta de dados: cadernos de campo, as filmagens, a produção escrita e entrevista.....	99
2.3. A análise dos dados.....	101
2.4. A transcrição das aulas	104
CAPÍTULO 3 –ESTRUTURA E DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE DE INVESTIGAÇÃO.....	105
3.1. O desenvolvimento do modelo para análise da estrutura da atividade de investigação	105
3.1.1. As diferentes instâncias da construção do conhecimento científico	106
3.1.2. Um modelo para o estudo do ensino por investigação e das operações epistêmicas.....	107
3.2. Elementos da estrutura da atividade.....	109
3.2.1: O grupo, artefatos mediadores e objeto	109
3.2.2: A comunidade	116
3.2.3: As regras e a divisão do trabalho	127
3.3. As aulas como momentos de produção e comunicação.....	129
3.3.1. Mapeamento geral das aulas	129
3.3.2. O desenvolvimento da atividade de investigação.....	131
3.3.3. Um olhar sobre as aulas de comunicação e de produção.....	147
3.3.4. O aprendizado de habilidades na investigação.....	158
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DOS PROCESSOS DE TOMADA DE DECISÃO NA INVESTIGAÇÃO.....	175
4.1. Captura e manipulação das formigas.....	178
4.1.1. Análise do artigo: a descrição da captura das formigas	178
4.1.2. A escolha da espécie de formiga.....	181
4.1.3. A captura das formigas.....	182
4.1.4. O prazo para a captura das formigas.....	185
4.1.5. Armazenamento e transporte das formigas	187

4.1.6. A temperatura das formigas	192
4.1.7. Um olhar sobre as tomadas de decisão do grupo: a captura e armazenamento das formigas.....	197
4.2. Escolha da espécie vegetal para a produção do extrato vegetal.....	199
4.2.1. Análise do artigo: o cravo da Índia como artefato da atividade	199
4.2.2. A primeira decisão: a cebolinha como fonte da substância repelente.....	202
4.2.3. A segunda decisão: o cravo da Índia como fonte da substância repelente.....	208
4.2.4. Um olhar sobre as tomadas de decisão do grupo: a escolha da espécie vegetal.....	218
4.3. A utilização do extrato de cravo da Índia.....	220
4.3.1. A influência da água.....	221
4.3.2. A pigmentação do extrato de cravo da Índia.....	226
4.3.3. A concentração do extrato de cravo da Índia	235
4.3.4. A estabilidade do efeito repelente	241
4.3.5. Um olhar sobre as tomadas de decisão do grupo: a utilização do extrato do cravo da Índia.....	256
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	263
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	275
ANEXOS.....	283

INTRODUÇÃO

O estudo apresentado nesta tese tem suas origens vinculadas a trabalhos anteriores realizados por pesquisadoras do grupo de pesquisa Linguagem e Cognição em Salas de Aula de Ciências. Esses trabalhos investigaram ambientes de aprendizagem científica com o objetivo de contribuir para uma caracterização do discurso da sala de ciências. Tais investigações estudaram salas de aula do ensino médio de química e biologia analisando os diferentes gêneros do discurso e os tipos de textos que permeiam e são atualizados nas salas de aulas de ciências. São estudos que examinam as interações entre professores e alunos quando engajados em situações de construção do conhecimento científico escolar (SILVA, 2008, SILVA e MORTIMER, 2009, ARAÚJO, 2008, ARAÚJO e MORTIMER, 2009, LIMA-TAVARES, 2009, LIMA-TAVARES et al, 2009).

Na busca de um maior entendimento dos processos de aprendizagem científica, esses trabalhos utilizaram o conceito de práticas epistêmicas, identificado como um atributo da atividade dos estudantes. Duschl e Kelly (2002) definem as práticas epistêmicas como aquelas que estão relacionadas às ações de produção, comunicação e avaliação do conhecimento. Elas são compreendidas como um dos elementos que podem ser utilizados para análise de ambientes de aprendizagem científica, principalmente os que se caracterizam pela promoção de atividades investigativas (SANDOVAL, 2005, KELLY, 2005). Sandoval (2002) defende ainda que ambientes de aprendizagem que propiciam a vivência de práticas epistêmicas poderiam contribuir na produção de um conhecimento mais sofisticado sobre a natureza das ciências.

Nos trabalhos do grupo de pesquisa, primeiramente, as pesquisadoras se dedicaram ao desenvolvimento de um sistema de categorias de análise para práticas epistêmicas. O primeiro foi proposto por Silva (2008), mas foi reformulado a cada trabalho posterior. Essa reformulação envolvia a proposição de novas categorias, a supressão e o aprimoramento das antigas.

Os diferentes sistemas de categorias permitiram os estudos das interações dos alunos e dos professores e forneceram informações sobre como as estratégias enunciativas dos professores favorecem ou não o aparecimento das práticas epistêmicas (SILVA, 2008); como se dá a mobilização destas durante a realização de trabalhos práticos (ARAÚJO 2008) e em situações de argumentação (LIMA-TAVARES, 2009).

Essas contribuições foram importantes para qualificar as práticas epistêmicas como bons instrumentos para a análise. Entretanto, os trabalhos anteriores do grupo estudaram salas de aulas de ciências regulares, em que os alunos estavam envolvidos com atividades de maior interatividade e dialogia, como aulas práticas e discussões, mas cujos processos ainda são muito controlados e direcionados pelos professores.

Nesse sentido, a pesquisa aqui apresentada traz resultados de um investimento na tentativa de compreender as práticas epistêmicas a partir de um ambiente de aprendizagem que desenvolve atividades investigativas. O ambiente de aprendizagem estudado é oportunizado pela disciplina Projetos de Bioquímica, oferecida aos alunos do terceiro período do curso de bacharelado de Ciências Biológicas pelo Departamento de Bioquímica e Imunologia de uma instituição pública federal. Essa disciplina é uma das iniciativas realizadas por um grupo de professores do departamento e visa superar as limitações dos trabalhos práticos tradicionais que, na concepção deste grupo, contribuem pouco para a formação dos biólogos (VIEIRA et al, 2001). Na disciplina em questão, abre-se a possibilidade de que os alunos se engajem em uma atividade de investigação a partir de um problema que eles propuserem e que exija a busca de informações teóricas e metodológicas na tentativa de respondê-lo.

O grupo de professores em questão é responsável também por um projeto de extensão que oferece para educadores e alunos de escola pública a oportunidade de realizar atividades investigativas. Esses professores e alunos são convidados e selecionados e, durante uma semana no período de férias escolares, podem desenvolver um pequeno projeto de pesquisa nos laboratórios do departamento. Nesse tempo, eles têm acesso aos

equipamentos e insumos e contam com a orientação de professores e alunos da pós-graduação.

A disciplina Projeto em Bioquímica se relaciona diretamente com outra cadeira oferecida no segundo período: a Bioquímica. Na disciplina Bioquímica, de natureza teórica, grupos de alunos têm que apresentar um projeto de investigação sobre uma questão biológica que possa ser estudada com o emprego de aportes teóricos e metodológicos da bioquímica. Esse trabalho é um dos requisitos parciais para a aprovação na disciplina, devendo ser desenvolvido no próximo período, no tempo e espaço destinado à disciplina Projeto de Bioquímica. Portanto, durante o semestre da disciplina, de forma autônoma e participativa e sob orientação dos professores, os grupos desenvolvem os seus trabalhos de pesquisa tentando responder a ou às questões propostas inicialmente ou as que emergem no processo de investigação.

Para o estudo mais aprofundado desse ambiente de aprendizagem, foram obtidos dados da atividade de um grupo composto por sete alunos que durante um semestre se dedicou a um projeto que investigou a propriedade repelente, primeiro na cebolinha e depois no cravo da Índia, sobre uma espécie de formiga: a formiga-fantasma. O projeto de pesquisa do grupo tinha como objetivo inicial desenvolver um produto natural que pudesse ser utilizado em ambientes domésticos, principalmente em cozinhas. Os dados, relacionados à atividade do grupo, foram obtidos por meio de filmagens em tempo real, da leitura e análise dos trabalhos escritos do grupo.

Diante das características da disciplina e da atividade do grupo, foi estabelecida uma oportunidade favorável para o estudo de uma experiência de ensino de ciências por investigação na educação superior, especificamente em um curso de formação de cientistas. O ensino de ciências por investigação é uma abordagem que é parte fundamental dos projetos nacionais de educação científica em países como os Estados Unidos e a Inglaterra (DUSCHL, 2008), e aos poucos vai sendo disseminada por currículos de países europeus, asiáticos e da Oceania.

Aos poucos e em casos esporádicos, o ensino de ciências por investigação começa a ser valorizado e experimentado também nas escolas brasileiras. Ao mesmo tempo, a pesquisa num ambiente de ensino de ciências por investigação põe em relevo uma série de questões relacionadas às tensões existentes entre cultura escolar e cultura científica.

Diante desse panorama, para uma reflexão mais profunda sobre esse movimento seminal de promoção de atividades investigativas nas salas de aulas de ciências brasileiras, são suscitadas algumas questões aos pesquisadores brasileiros. A partir da análise da disciplina Projeto em Bioquímica e da atividade do grupo do projeto das formigas apresentado, nesta tese algumas questões são levantadas: quem são os responsáveis pela promoção dessas atividades? O que os inspirou e os mantém investindo nessas experiências? Quais são as suas expectativas? Além disso, foi possível responder: como essas atividades investigativas têm sido realizadas? Como elas podem influenciar e determinar os processos de aprendizagem científica? Como a tensão entre cultura escolar e cultura científica emerge e como é abordada nestes espaços?

Essas questões permitiram estabelecer o seguinte problema de pesquisa: **O que se aprende e como se aprende quando se vivencia uma atividade de investigação oportunizada pela disciplina Projetos de Bioquímica?** O estudo do problema de pesquisa traz informações significativas sobre como uma participação efetiva e produtiva em uma atividade investigativa escolar pode contribuir para o aprendizado de práticas e do discurso das ciências. Além disso, o problema de pesquisa possibilita reflexões acerca do processo de escolarização das práticas científicas, que é permeado por contradições que estão relacionadas aos tempos, às condições materiais, aos espaços e aos sujeitos – alunos e professores – da disciplina.

Como já mencionado, o ponto de partida para o estudo desse problema foram as práticas epistêmicas, o que conduziu a um investimento na leitura de trabalhos no campo dos estudos epistemológicos da educação científica, especificamente os de Kelly e colaboradores (2005) e Sandoval e colaboradores (2000). Para Gregory J. Kelly (2005) e William A. Sandoval

(2005), os estudos sobre o aprendizado epistêmico devem resgatar o conceito da epistemologia, enquanto campo de estudo sobre o desenvolvimento do conhecimento, a natureza das evidências, os critérios para as escolhas teóricas e metodológicas e outros aspectos da estrutura do conhecimento disciplinar.

Para tanto, os estudos epistemológicos relacionados à educação científica devem focar nos processos intersubjetivos, pois o conhecimento científico é construído e justificado dentro de uma comunidade. Com isso, entende-se que o ensino de Ciências, principalmente o que se dá por meio do ensino por investigação, seja uma oportunidade para os estudantes participarem de algumas práticas típicas das Ciências (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al. 2008). Ao participar de um processo de enculturação (DRIVER et al, 1999), os alunos poderiam se apropriar ou dominar ferramentas culturais específicas (MAGNUSSON et al 2006). Esses estudos denotam que o processo de apropriação passaria não apenas pela compreensão de conceitos e/ou pelo planejamento de experimentos, mas também pela apropriação de critérios que sustentam a produção, a comunicação e a avaliação do conhecimento que pode ser considerado científico (JIMENEZ-ALEIXANDRE e DIAZ BUSTAMANTE, in press).

O caráter social e histórico da produção de conhecimentos científicos e da educação científica, inspirou Kelly (2005 e REVELES et al, 2007) a defender que Teoria da Atividade é um referencial importante para análise dos processos de ensino e aprendizagem de ciências. Tal argumento foi considerado nesta tese, o que levou a um investimento na incorporação dos princípios da Teoria da Atividade. Essa teoria tem sua origem na psicologia histórico-cultural fundada por L. S. Vygostky no início do século XX, período em que ela se constitui em uma linha de pesquisa particular por meio dos trabalhos de A. N. Leontiev, ganhando dimensão internacional e multidisciplinar pela divulgação dos trabalhos de Yrjö Engeström (LEONTIEV, 2004 e ENGESTRÖM, 1987 e 2001).

Nesse sentido, assume-se a Teoria da Atividade como um referencial teórico e metodológico fundamental para a descrição e análise da estrutura e da dinâmica da disciplina Projetos de Bioquímica e da atividade de

investigação do grupo de estudantes, sujeitos desta pesquisa. Esse referencial permitiu relacionar as práticas epistêmicas como operações, ou seja, como meios para a execução das ações de produção, comunicação e avaliação do conhecimento científico.

A análise da disciplina e da atividade foi estruturada também com aportes oriundos dos estudos de Bruno Latour e colaboradores (LATOURE e WOOLGAR 1997, LATOUR 2000), cujas pesquisas destacam a necessidade de se identificar as diferenças e as relações entre as situações de produção e de comunicação do conhecimento como forma de se entender os processos de construção de conhecimentos científicos. Nesse sentido, esses autores demonstram a importância do exame dos microprocessos, entendidos como as interações entre os membros do grupo e da comunidade, que permitiriam evidenciar os diversos elementos que orientam e delimitam uma investigação científica.

A partir dos referenciais teóricos e metodológicos apresentados, do ambiente de aprendizagem escolhido e do problema de pesquisa proposto para esta tese, foram constituídas, ao longo da investigação, quatro questões de pesquisa:

1. Qual é o projeto de ensino de ciências por investigação da disciplina Projetos em Bioquímica?
2. Como se estrutura e se desenvolve a atividade de ensino por investigação analisada e como essa estrutura e desenvolvimento possibilita a aprendizagem dos alunos ?
3. Ao longo da atividade de investigação, como se configuram os processos de tomada de decisão do grupo?
4. Que tipos de operações epistêmicas emergem nas situações de produção e comunicação do conhecimento na atividade de investigação?

Os dados que permitiram perseguir as respostas para as questões apresentadas foram obtidos por filmagens em sala de aula, sendo que a

análise dos registros foi feita com o suporte do *software* Transana[®] (www.transana.org), desenvolvido por Wisconsin Center for Education Research (WCER). Utilizando tal programa, foi possível realizar o trabalho de análise diretamente sobre a imagem, permitindo obter dados verbais e não verbais (MORTIMER et al, 2007 e BADDREDINE et al, 2007). Além disso, compõe o material de análise: textos escritos pelo grupo investigado - um em formato de artigo científico e outro um relatório de atividades e também anotações de campo -, e uma entrevista realizada com um dos professores responsáveis pela disciplina.

O texto, aqui apresentado, além da introdução e das considerações finais é composto por quatro capítulos. No Capítulo 1, é apresentado o referencial teórico do trabalho dividido em quatro seções. A primeira seção traz uma revisão sobre o ensino de ciências por investigação. A segunda apresenta: a) algumas das contribuições dos estudos sociológicos da ciência e dos estudos epistemológicos do ensino de ciências para essa tese, b) uma visão geral dos trabalhos sobre práticas epistêmicas realizados por pesquisadores do grupo de pesquisa “Linguagem e Cognição nas salas de aulas de Ciências” e c) um estudo sobre a Teoria da atividade.

O capítulo 2 é dedicado a apresentação sucinta dos procedimentos metodológicos da investigação. Os capítulos 3 e 4 apresentam as análises e as discussões sobre os dados da pesquisa.

O capítulo 3 expõe a descrição e a análise da estrutura da disciplina e da atividade do grupo investigado. Nesse estudo, procurou-se identificar os elementos que configuram e determinam o contexto da disciplina e da atividade do grupo. Para tanto, apresenta-se uma análise panorâmica das aulas da disciplina que evidenciam os principais eventos que moldaram a atividade dos alunos. Encontram-se aqui, ainda, informações sobre as distinções entre os momentos de produção e os momentos de comunicação do conhecimento que são oportunizados pela organização da disciplina. Por último, apresenta-se o processo de transformação de ações em operações epistêmicas na atividade desenvolvida pelo grupo.

No capítulo 4, é apresentada uma análise dos processos de tomada de decisão da investigação. Essa análise se mostra extremamente importante,

pois permite evidenciar que operações epistêmicas e justificativas foram utilizadas pelos alunos na sua atividade de investigação. Na análise, são apresentados os processos de tomada de decisão relacionados a) aos procedimentos de captura e manipulação das formigas-fantasma, b) à escolha da espécie vegetal para ser utilizada na produção do extrato, de cebolinha ou de cravo da Índia e c) aos procedimentos de utilização do extrato da Índia nos ensaios experimentais.

Por último, são apresentadas as considerações finais deste trabalho.

CAPITULO 1: REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo de revisão da literatura apresenta um panorama sobre estudos e pesquisas que se dedicam às análises de situações de construção do conhecimento científico escolar *in situ* e que se interessam pelos processos discursivos e de aprendizagem propiciados por atividades escolares investigativas.

O capítulo apresenta na primeira seção uma reconstrução histórica e uma reflexão sobre o ensino de ciências e da concepção da investigação no ambiente escolar, como elemento essencial a uma boa educação científica. Essa seção foi construída a partir da literatura internacional o que é justificado pela longa tradição de nações, como os Estados Unidos e o Reino Unido, que destacam a investigação como a atividade essencial à educação científica. Considerando a centralidade dessa abordagem nos países citados, ressalta-se a significativa produção de estudos que procuram entender como o ensino por investigação tem contribuído para a aprendizagem dos estudantes em diferentes níveis.

Na segunda seção, serão evidenciadas como as contribuições dos estudos sociológicos da ciência e de estudos epistemológicos da educação científica podem ajudar na compreensão dos processos intersubjetivos de acesso, de domínio e de apropriação das práticas científicas em situações escolares. Além disso, serão descritos estudos de caracterização do discurso da sala de aula de ciência realizados por membros do grupo de pesquisas “Linguagem e Cognição em sala de aula” que dialogaram com os referenciais dos estudos epistemológicos e, por isso, são considerados como elementos precursores do trabalho de pesquisa desta tese.

A terceira seção apresentará a Teoria da Atividade. Nela serão apresentados elementos históricos e teóricos desse campo de estudos de modo a destacar a sua importância como subsídio para análise das práticas sociais de construção do conhecimento científico escolar.

1.1. O Ensino de Ciências por Investigação

A disciplina Projetos em Bioquímica, analisada nesta pesquisa, foi concebida a partir da insatisfação dos professores do Departamento de Bioquímica e Imunologia com o modelo de aulas práticas tradicionais. Para eles, essas aulas práticas trazem uma visão distorcida das ciências, oferecendo um conjunto de roteiros muito fechados e que não resultam em produção significativa de conhecimento científico e nem em efetivo trabalho em equipe. Com isso, ao longo dos anos, os professores responsáveis pelas disciplinas de Bioquímica do Curso de Ciências Biológicas passaram a introduzir trabalhos mais abertos que possibilitavam aos grupos de alunos a formulação de questões e o desenvolvimento de procedimentos de pesquisas para respondê-las (VIEIRA, et al, 2001)¹.

Adotando essa metodologia, tem-se a impressão de que, intuitivamente, esses professores acabaram se aproximando da abordagem de ensino de ciências por investigação. O ensino de ciências por investigação é um tema predominante nos documentos oficiais norte-americanos (National Science Education Standards, NRC, 1996) e ingleses (DUSCHL, 2008), sendo identificado como central para caracterizar um bom e adequado ensino de Ciências (ANDERSON, 2002). Em linhas gerais, esse tipo de ensino favorece a promoção de atividades que estimulam o engajamento dos estudantes em situações que permitem reproduzir parcialmente a atividade científica, favorecendo o questionamento, a pesquisa e resolução de problemas (MAGNUSSON et al 2006).

No Brasil, essa abordagem de ensino começa a ganhar relevância, sendo percebidos movimentos de sua incorporação por meio de projetos de universidades públicas. Entre os projetos que adotam essa perspectiva de ensino, destacam-se programas de formação continuada de professores como:

- o Especialização em ensino de Ciências (ENCI) que é um curso de especialização *Lato Sensu* oferecido pelo Centro de Ensino de

¹ No capítulo 3, a história da disciplina será apresentada de forma mais aprofundada a partir dos dados obtidos em uma entrevista realizada com um dos professores da disciplina.

Ciências e Matemática de Minas Gerais (CECIMG) da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (SÁ, 2009);

- ABC na Educação Científica “Mão na Massa” desenvolvido pelo Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (CDCC/USP São Carlos) que oferece cursos, mostras de trabalho e produção e adaptação de material de apoio ao professor (SCHEIL e ORLANDI, 2009).

O interesse de estudiosos e professores brasileiros pelo ensino por investigação pode ser benéfico e trazer inovações para as salas de aulas de ciências que convivem com resultados insatisfatórios em termos de aprendizagem e engajamento dos estudantes nas atividades que são propostas pelos professores. As atividades investigativas podem ser estratégias didáticas que, agregadas às outras que já são usuais, contribuiriam para diversificar e qualificar as práticas pedagógicas das aulas de ciências (MUNFORD e LIMA 2007).

Acompanhando a difusão da proposta de ensino de ciências por meio de atividades investigativas, percebe-se um movimento de produção de pesquisas e trabalhos acadêmicos que se propõem a refletir sobre os dilemas, desafios, limites e potencialidades que acompanham essa abordagem de ensino. Com isso, o ensino de ciências por investigação tem sido objeto de estudo de teses e dissertações na área de ensino de Ciências (FARIA, 2008, RODRIGUES, 2008, JULIO, 2009, TRÓPIA, 2009, SÁ, 2009), tendo sido assunto de artigos e trabalhos acadêmicos apresentados em livros (AZEVEDO, 2009) periódicos da área de ensino de ciências (MUNFORD e LIMA, 2007) e em eventos das diferentes sociedades que congregam os pesquisadores brasileiros (TRÓPIA, 2009a).

O trabalho apresentado nesta tese participa desse movimento incipiente de análise de práticas e atividades investigativas no ensino de ciências se dedicando ao estudo de uma experiência realizada em uma disciplina de um curso de ensino superior. Ele se junta a outros estudos que buscam o

entendimento das diferentes formas de se apreender, planejar e desenvolver as atividades investigativas que acontecem nas salas de aulas brasileiras. Nesse sentido, na próxima subseção será apresentada uma revisão de literatura que tenta evidenciar a origem, suas justificativas, as expectativas e dificuldades enfrentadas para a consolidação dessa abordagem de ensino.

1.1.1. Os primórdios da educação científica: primeiras concepções sobre investigação escolar

A defesa de um ensino de ciências por investigação não é algo recente no cenário da educação científica. Em um estudo sobre as origens históricas do ensino de ciências por investigação nos EUA, DeBoer (2006) refaz o percurso desse argumento que permeia as diferentes propostas de educação científica desde o começo do século XIX, período em que se inicia uma discussão sobre a incorporação da disciplina ciências no currículo escolar. Em comum, essas propostas comungavam a ideia de que era necessário para o aprendizado das ciências naturais que os alunos realizassem práticas que pudessem ser consideradas similares as que são desenvolvidas pelos cientistas.

No entanto, destaca-se que os objetivos e as metodologias desse tipo de ensino de ciências foram sendo reformulados segundo as contingências, como problemas, necessidades sociais, interesses, concepções sobre a natureza das ciências e de ensino de vários atores importantes, como cientistas, pensadores, políticos e sociedades organizadas. Além disso, muitas vezes as propostas encontraram resistências e dificuldades para a sua efetivação nas salas de aula, o que fez com que muitas destas se restringissem aos discursos de pensadores e aos documentos oficiais e a experiências isoladas de alguns educadores ou centro de pesquisas. Utilizando a linha do tempo proposta por DeBoer (2006) e por outros estudiosos, essa breve revisão tenta evidenciar a origem, as justificativas, as expectativas e as dificuldades enfrentadas para a consolidação dessa abordagem no movimento de reforma norte-americano do ensino de ciências na década de oitenta do século XX.

Segundo DeBoer (2006), antes da metade do século XIX, o currículo escolar era dominado pelos estudos clássicos. O espaço para a educação

científica foi sendo conquistado quando cientistas americanos e europeus passaram a ressaltar que o ensino de ciências poderia contribuir para o desenvolvimento intelectual dos indivíduos. Eles argumentavam que o domínio do conhecimento científico seria essencial em um mundo em que a ciência assumia um papel cada vez mais significativo e afirmavam que educação científica contribuiria formando pessoas com mentes independentes, que seriam cidadãos ideais para uma sociedade democrática.

Esses intelectuais defendiam que a ciência se diferenciava dos outros assuntos escolares tradicionais por favorecer a prática na lógica indutiva. Afinal, se a matemática e a gramática se fundamentam no estabelecimento de regras e em inferências lógicas claras, a ciência se orienta pela observação empírica criteriosa da qual se pode derivar princípios gerais. Além de estabelecer uma distinção entre a ciência e as disciplinas clássicas, esse argumento traz uma premissa importante: o ensino de ciências não pode ficar restrito aos livros-texto e os alunos devem aprender a observar o mundo natural e produzir conclusões sobre essas observações (DEBOER, 2006).

Essa visão de como a ciência deveria ser ensinada fundamentou os argumentos de vários pesquisadores e estudiosos que passaram a defender a inclusão das aulas em laboratórios e a condução de atividades investigativas pelos estudantes nas aulas de Ciências. Por exemplo, segundo DeBoer (2006), para Herbert Spencer (1820-1903), um intelectual britânico, o laboratório e as investigações conduzidas pelos estudantes permitiriam o contato direto com os objetos e fenômenos naturais, o que proporcionaria uma experiência de descoberta do mundo natural e uma prática na produção de conclusões próprias. Com esse tipo de ensino, os alunos ficariam mais independentes em relação ao professor e teriam um aprendizado mais efetivo, já que as generalizações produzidas pelos discentes seriam lembradas por mais tempo.

Outra defesa da investigação nas aulas de Ciências foi dada por Johann Friedrich Herbart (1776-1841), um filósofo e educador alemão, bastante popular nos EUA. Ele afirmava que as formas mais adequadas para a compreensão de novos conceitos pelos estudantes consistiam na descoberta

independente das relações entre os fenômenos e no trabalho de professores estabelecendo relações entre esses conceitos e as experiências dos alunos.

DeBoer (2006) também identifica que no final do século dezenove aconteceu um movimento que contribuiu para a disseminação da crença de que é essencial para a educação científica o uso do laboratório e a realização das investigações pelos estudantes. Esse movimento liderado por Charles Eliot, presidente da Universidade de Harvard no período de 1869 a 1895, defendia que o ensino de ciências nos laboratórios rompe com uma proposta dogmática representada pelo uso dos livros-texto e centrado na autoridade do professor. Entretanto, apesar das reflexões e dos argumentos dos cientistas, a incorporação da disciplina de ciências parece não ter trazido uma grande inovação metodológica; predominando, ainda, as antigas formas de ensinar ciência.

De acordo com DeBoer (2006) essa situação estimulou Smith e Hall publicarem em 1902 um livro voltado para o ensino de química, no qual expunham argumentos sobre como esse campo do conhecimento científico poderia contribuir na formação dos estudantes e também como as atividades práticas são importantes nesse processo de desenvolvimento. Eles argumentam sobre a impossibilidade de realizar um ensino de ciências voltado apenas para atividades práticas conduzidas de forma independente pelos estudantes. Os educadores explicam que essas atividades demandam um tempo excessivamente grande e propuseram uma abordagem de ensino denominado de investigação orientada. Nessa abordagem, os professores indicariam questões, providenciariam os materiais e orientariam os estudantes no trabalho prático de busca de soluções. Os alunos não têm total liberdade como defendida pelos pioneiros da educação científica, enfatizando-se a atuação do professor na definição de limites na condução das atividades.

O início do século XX marca outro momento importante da história do ensino de ciências por investigação. Desse período, destaca-se a influência do pensamento de John Dewey (1859 -1902) na educação norte-americana. O pensador trouxe elementos importantes para os processos educativos, pois ressaltava uma concepção de ensino centrada na criança, que é identificada

como sujeito do conhecimento, e na ação de facilitação e orientação atribuída ao professor (BARROW, 2006, DEBOER, 2006).

Ressalta-se que também influenciada por Dewey e pelo contexto sócio-histórico do século XX – no qual se sobressaiam problemas sociais relacionados à saúde pública, imigração, urbanização, entre outros – o pensamento educacional assumia uma perspectiva mais pragmática, segundo a qual os assuntos sociais deveriam ser destacados como temas de estudo nas escolas. Nesse cenário, o ensino de ciências, principalmente por meio de atividades investigativas, também é visto como uma forma para desenvolver habilidades específicas e necessárias para a resolução dos problemas de relevância social. Dessa forma, a educação científica estaria contribuindo com a formação de cidadãos, que, em uma sociedade democrática, seriam inquisidores da natureza dos ambientes físicos e sociais e participantes ativos na construção da sociedade (DEBOER, 2006).

Dewey incentivou os professores de ciências a usar a investigação como estratégia de ensino e propôs metodologias para sua efetivação (BARROW, 2006). Essas metodologias valorizavam excessivamente o método científico, o que pode ser considerado atualmente inadequado ao ensino de ciências contemporâneo, mas enfatizam importantes contribuições à educação científica como: o trabalho colaborativo entre os estudantes, a aproximação do conhecimento escolar da experiência do aluno e o respeito à capacidade intelectual dos indivíduos, sujeitos da aprendizagem (BARROW, 2006, DEBOER, 2006).

Apesar da influência do pensamento de Dewey, um ensino de ciências com ênfase na investigação do cotidiano e da sociedade não foi efetivado. As discussões que se seguiram na primeira metade do século XX se voltavam mais para os objetivos e procedimentos que se referiam ao uso dos laboratórios escolares. Com isso, as atividades sugeridas e executadas pareciam se voltar mais para aspectos do desenvolvimento do raciocínio indutivo individual do que para uma compreensão da realidade social (DEBOER, 2006).

1.1.2. Movimento de Reforma da Educação Científica: Anos 50 a 70.

Na década de cinquenta do século XX, o ensino de ciências norte-americano passou por uma grande reforma que impactou o seu sistema de ensino e o dos países que viviam sob a sua influência, como o Brasil². Essa reforma foi motivada por questionamentos da qualidade da educação científica oferecida nas escolas norte-americanas. Dois fatores são levantados como motivadores para o desencadeamento dessa reforma: a ausência de rigor acadêmico nas atividades escolares e o possível déficit científico-tecnológico dos EUA em relação a sua nação rival no pós Segunda Guerra Mundial: a URSS.

Com relação ao primeiro fator, DeBoer (2006) assinala que a proliferação de professores de ciências e uma maior ênfase no interesse dos alunos e nos problemas sociais, influência do pensamento de Dewey, geraram críticas quanto a um possível empobrecimento do ensino de Ciências. Para superação dessa deficiência, o ensino de ciências deve ter seu foco no rigor metodológico, com os professores favorecendo um treinamento da inteligência disciplinada e a transmissão da herança cultural.

Com relação ao déficit científico-tecnológico, um episódio histórico é emblemático: o lançamento do satélite não tripulado *Sputinik* pela União Soviética em 1957. Esse evento demonstrou o atraso dos EUA na corrida tecnológica na guerra para a conquista do espaço e foi um dos motivos para o investimento expressivo do governo norte-americano na reestruturação da educação científica nacional. Um programa de educação científica forte passa a ser visto também como essencial para a segurança nacional (DEBOER, 2006).

Nesse período, a *National Science Foundation* (NSF) dos Estados Unidos financiou e apoiou universidades, sociedades científicas e estudiosos que participaram da elaboração de propostas de estruturação dos currículos das

² Apresentar um estudo histórico sobre o ensino de ciências brasileiro não é propósito dessa tese. Para saber mais sobre esse assunto, recomenda-se a leitura do artigo: Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências, escrito por Myriam Krasilchik publicado no periódico São Paulo em Perspectiva no ano de 2000.

disciplinas de ciências naturais, como o *Physics Science Curriculum Study* (PSCS), o *Biological Science Curriculum Study* (BSCS), o *Chemical Bond Approach* – (CBA) e *Science Mathematics Study Group* (SMSG) (KRASILCHICK, 2000). Além disso, houve um investimento maciço na infraestrutura das escolas com a construção e montagem de laboratórios escolares e com treinamento de professores para trabalhar com os materiais instrucionais desenvolvidos (GRANDY e DUSCHL, 2005).

Essas propostas e os líderes do movimento reformista recomendavam que o ensino de ciências deveria ser realizado com ênfase em metodologias que primavam por permitir aos alunos pensar como cientistas (BARROW, 2006). Nas aulas de ciências, os alunos seriam vistos como “cientistas-mirins” e precisariam aprender as ideias fundamentais das ciências naturais por meio de investigações. Nesse contexto, o ensino por investigação é concebido como perspectiva de ensino por descoberta, mas diferentemente do proposto no século XIX, os alunos deveriam ser instruídos com maior rigor para utilizar de forma efetiva os métodos científicos (DEBOER, 2006).

Joseph Schwab (1909-1988) é considerado a referência principal desse tipo de ensino por investigação. Segundo DeBoer, (2006), Schwab se preocupava com o bem estar da nação americana e considerava que o ensino de ciências deveria propiciar para o seu país: aumento no número de estudantes interessados em seguir uma carreira profissional científica, formação de líderes capazes de desenvolver políticas públicas fundamentadas em uma compreensão da ciência e educação voltada à ciência e capaz de motivar a natureza das investigações científicas. Com relação aos processos de ensino, o estudioso identificava uma estrita relação entre o conteúdo e os processos de produção do conhecimento científico. Isso exigia que, se o ensino de ciências tinha como intenção representar a atividade dos cientistas, deveria instruir sobre os princípios da ciência no contexto de uma atividade didática que aproximasse os alunos do contexto da produção das evidências. Para tanto, Schwab propunha o uso do laboratório como o espaço que favorece a execução de investigações que consistiam em estratégias didáticas que poderiam propiciar aos alunos o contato com os métodos científicos, a

produção de conclusões próprias sobre as suas observações e a possibilidade de realização de experimentos para a comprovação de ideias científicas.

Para Schwab (DEBOER, 2006), o principal objetivo desse processo de ensino de ciências não deveria se restringir ao aprendizado conceitual, mas sim estimular o desenvolvimento de uma compreensão da ciência como uma série de estruturas conceituais dinâmicas que estão sujeitas às mudanças no processo de evolução científica e tecnológica da humanidade. Deboer (2006) indica que Schwab estabelecia que a investigação poderia ser considerada uma pedagogia, ou metodologia para ensinar ciências, porém também poderia ser entendida como um conteúdo necessário para aprender como os conhecimentos científicos são construídos e validados pela comunidade científica. Inclusive, defendeu que o ensino de ciências promoveria um engajamento mais profundo e significativo na compreensão da natureza das ciências, por meio de atividades orientadas que permitissem a análise de artigos históricos produzidos por cientistas, livros-texto de modo a favorecer o estudo da lógica da descoberta e a percepção da natureza fluida da investigação científica.

Deboer (2006) argumenta que a reforma da metade do século XX resultou em uma concepção da disciplina ciências distante dos problemas sociais e das experiências cotidianas, e mais voltada para o aprofundamento conceitual e teórico. Tal distanciamento resultou em maior desinteresse por essa disciplina devido à certa inacessibilidade de muitos estudantes tanto por dificuldades conceituais quanto pelo grau de sofisticação presente nas teorias apresentadas nas salas de aula. Nesse período, houve também uma valorização de práticas que propunham o fazer ciências, ou seja, aulas que aconteciam nos laboratórios que se caracterizavam por atividades que simplesmente resultavam na manipulação de materiais e objetos. Outro problema é que essas atividades reforçavam uma percepção indutivista-verificacionista dos trabalhos experimentais que eram usados para a verificação dos fatos e princípios abordados nas aulas teóricas ou nos livros-texto. Essas aulas práticas consolidavam uma visão de ciências como uma atividade neutra, pois não traziam como elementos a serem considerados o

contexto sócio-histórico de produção do conhecimento científico e as suas implicações para a sociedade (KRASILCHICK, 2000).

Essas são algumas das críticas à educação científica na década de 70. O final da década de 60 e o início da década de 70 é um período do século XX marcado por movimentos de contestação ao *status quo* da elite dominante com diferentes atores sociais (mulheres, negros, ambientalistas, entre outros) se apresentando e expondo suas críticas à cultura vigente nos mais diferentes países. Nessa década, são encontrados diferentes estudos da história e sociologia das ciências que questionam os pressupostos do positivismo lógico que são assumidos pela comunidade científica e pela educação científica. De forma sucinta, já que essa visão contemporânea das ciências será assunto de outras seções, os críticos do positivismo explicitam a relevância dos fatores históricos, sociais e psicológicos no entendimento das ciências (DUSCHL, 2008).

A partir da influência desses estudos, a educação científica da década de 70 assume um foco no entendimento mais amplo e funcional da ciência. Essa concepção de ensino foi denominada de “*science literacy*”, ou letramento científico, ou, como ficou conhecida no Brasil, alfabetização científica. Essa atitude mais progressista foi incorporada pela educação ambiental e pelo movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Por essa concepção, que resgata os princípios defendidos por John Dewey, entende-se que os conhecimentos científicos e os processos da ciência precisam ser usados para responder às questões que se apresentam na vida cotidiana ou que envolvem problemas imediatos enfrentados pela sociedade, como a poluição, a extinção de espécies, a energia e o lixo nuclear e também tecnologias que influenciam diretamente os seres humanos, como a engenharia genética.

Nessa proposta, não se desconhece a importância do trabalho investigativo que siga a lógica formal e os métodos científicos, mas estes não são identificados como o centro do estudo, mas sim como instrumentos para se compreender a realidade. As atividades investigativas devem ser empregadas sempre que houver questões-problemas relevantes ou atividades que envolvem aspectos de tomada de decisão sobre problemas sócio-científicos.

Dessa forma, é ressaltada a priorização da formação do cidadão participativo que analisa o seu contexto social, busca diferentes alternativas para a solução das dificuldades enfrentadas e que reflete sobre as implicações que o desenvolvimento científico traz para a humanidade. A proposta também expande o campo da investigação científica escolar que não ficaria restrito à sala de aula ou ao laboratório, mas que poderia chegar também às comunidades em que vivem os estudantes.

1.1.3. Movimento de Reforma da Educação Científica: dos anos 80 aos dias atuais

No final da década de 80, teve início outro movimento de reforma da educação científica norte-americana: o “Science for all”. Esse movimento continua sendo seguido até hoje como agenda pública para a educação científica. Tal reforma assumiu explicitamente o ensino de ciências por investigação como princípio central, algo que está expresso nos documentos da *National Science Fundation*, do *National Science Education Standards* (NSES) e no *Project 2061* da *American Association for the Advancement of Science*. No Reino Unido, um movimento semelhante denominado de “*Public Understandig of Science*” também propôs que a abordagem investigativa deve ser considerada nos processos de ensino de ciências. Esses movimentos se orientam por metas que, se alcançadas, devem proporcionar uma educação científica para o desenvolvimento de uma população “alfabetizada cientificamente” e composta por cidadãos que possam participar efetivamente das discussões econômicas e democráticas de assuntos que envolvam a tecnologia e a ciência (DUSCHL, 2008).

Kelly e Duschl (2002) afirmam que essa reforma curricular norte-americana assumiu explicitamente a preocupação da inclusão de parcelas marginalizadas da população estadunidense, segmentos que estão associados às minorias étnicas ou ao gênero feminino e que apresentariam algumas restrições que dificultariam o acesso ao conhecimento científico escolar. O objetivo da educação científica “para todos” estaria relacionado à manutenção de uma democracia liberal que dependeria de uma socialização igualitária dos

conhecimentos científicos mediada pelos processos de educação (SANDOVAL, 2005).

Dessa forma, no cenário atual, principalmente nos EUA e no Reino Unido, o ensino por investigação é considerado como a estratégia mais efetiva para a educação científica que promove o maior engajamento dos estudantes (RODRIGUES, 2008). Essa abordagem tem objetivos amplos que incluiriam o desenvolvimento dos seguintes tipos de habilidades ou entendimentos científicos: a) o aprendizado de teorias e de conceitos da ciência; b) a aquisição de habilidades, raciocínios e adoção de procedimentos típicos das ciências e c) o entendimento da natureza das ciências como uma forma particular de conhecimento (BYBEE, 2006).

Os objetivos apresentados parecem similares aos que foram perseguidos pela reforma do ensino das décadas de 50 a 70, ou em outros momentos da história da educação científica. Entretanto, segundo Grandy e Duschl (2005), as concepções anteriores de investigação como estratégia didática e de educação científica eram marcadas por uma preocupação em ensinar o que se sabe e em buscar métodos para efetivar esse ensino. Com a influência de novas visões sobre as ciências e sobre aprendizagem, a preocupação dos pensadores reformistas se volta para questões que se dedicam a entender “como nós sabemos o que sabemos” e “porque acreditamos em certas afirmações em detrimento de explicações concorrentes”. Com isso, tem-se uma mudança no foco do currículo de Ciências que substitui a pergunta: “o que nós queremos que os alunos saibam e o que eles precisam fazer para sabê-lo” pela seguinte indagação: “o que nós queremos que os alunos sejam capazes de fazer e o que eles precisam saber para fazer e obter essas capacidades”.

A mudança de foco está expressa no documento *National Science Education Standards* (NSES) (NRC, 1996) que é considerado uma das principais referências para o ensino de ciências por investigação. Anderson (2002) sinaliza que o NSES é um documento político que busca estabelecer um discurso comum entre vários atores, como grupos de educadores, pesquisadores e políticos. Sendo assim, esse documento se caracteriza por

proporcionar diferentes definições do que pode ser entendido como investigação ou ensino por investigação e pela exibição de exemplos de atividades que permitem ao leitor criar a sua própria interpretação sobre essa abordagem.

Flick e Lederman (2006) afirmam que podem ser identificados no NSES três significados diferentes para o termo investigação: a) como princípio fundamental de como a ciência moderna é conduzida e que pode se referir a uma variedade de processos e de forma de pensamento que suportam o desenvolvimento do conhecimento científico; b) como o estudo sobre a natureza das ciências que permite entender os processos usados pelos cientistas para produzir conhecimento e c) como uma abordagem de ensino que reproduz de modo similar os processos realizados pelos cientistas e que pode ser usada para ensinar o conteúdo das ciências.

O primeiro significado do que seja investigação é usado no NSES como termo para qualificar o que é considerado o princípio central da atividade científica (FLICK e LEDERMAN, 2006) e reflete um entendimento de como a ciência procede e também a diferencia dos processos de educação científica (ANDERSON, 2002).

“A investigação científica se refere a diversas formas em que os cientistas estudam o mundo natural e propõem explicações baseadas em evidências produzidas em seu trabalho.” (NRC, 1996. p.23).

Segundo a definição apresentada no NSES, o conhecimento científico deriva de esforço humano para obter e interpretar de forma sistemática as observações que podem se tornar evidências a favor ou contra explicações e teorias. A investigação científica é ainda identificada como atividade que se dá por meio da colaboração, discussão e debate (FLICK e LEDERMAN, 2006).

Conforme afirmado por Munford e Lima (2007), essa delimitação do que pode ser considerado como atividade científica profissional é importante para reconhecer as diferenças entre os trabalhos que são realizados nas universidades, em laboratórios e em instituições de pesquisa e o que pode ser praticado nas salas de aula. O argumento de Munford e Lima (2007) contrasta com uma concepção defendida por DOW (2005) de que a investigação pode

ser considerada como atividade tipicamente humana de busca de compreensão do mundo motivada pela curiosidade. Para as autoras:

“O principal problema desse tipo de colocação é que ela torna triviais as iniciativas do ensino de ciências por meio da investigação. Pode parecer, por exemplo, que a preocupação com reverter a ênfase na transmissão de conceitos e teorias não tem um componente de novidade e que poderia ter surgido em qualquer contexto. Contudo, essa preocupação entre educadores das ciências da natureza deriva de uma profunda reflexão que tem relação direta com discussões que ocorreram nos campos da filosofia, sociologia e história da ciência bem como no campo dos estudos do currículo. Portanto, nada de natural, mas social e historicamente produzida.” (MUNFORD e LIMA, 2007, p. 8).

Para essas autoras é preciso reconhecer a atividade científica profissional como aquela que acontece em um contexto no qual são encontrados profissionais que passaram por períodos de treinamento, cuja aprendizagem propiciou o domínio ou a apropriação de ferramentas teóricas e metodológicas, e que contam com o suporte de equipamentos de tecnologia avançada. Nesse sentido, distinguem-se dois contextos com sujeitos, papéis e objetivos distintos: a ciência acadêmica, que produz novos conhecimentos científicos, e a escola, que promove a aprendizagem de um conhecimento científico consolidado (MUNFORD e LIMA, 2007). Essa distinção sinaliza a dificuldade e os desafios de se estabelecer uma aproximação da ciência escolar com a ciência acadêmica que exige considerar as peculiaridades do ambiente escolar e dos sujeitos que serão o centro do processo de aprendizagem.

As duas outras definições presentes no NSES trazem a discussão sobre investigação como conteúdo – o que os alunos precisam entender sobre a investigação científica e como pedagogia, - como trabalhar os conteúdos da ciência por meio de atividades investigativas.

“Investigação científica também se refere atividades em que os estudantes desenvolvem o conhecimento e o entendimento das ideias científicas, bem como um entendimento de como os cientistas estudam o mundo natural.” (NRC, 1996, p.23).

Os dois entendimentos sobre ensino por investigação têm trazido uma proliferação de sentidos produzidos por diferentes pesquisadores que usam o

termo investigação para qualificar atividades distintas (ANDERSON, 2002 e GRANDY e DUSCHL, 2005). Em comum, alguns desses diferentes sentidos compartilham a lógica de que os estudantes aprendem melhor conceitos e procedimentos, bem como aprimoram a sua compreensão sobre a natureza das ciências, se estão engajados em atividades que simulam os processos realizados pelos cientistas (ANDERSON, 2002, BYBEE, 2006).

Como será discutido na próxima seção, esse argumento traz problemas, pois, como demonstra Sandoval (2005), existem evidências de que alunos que participaram de atividades investigativas não demonstraram uma melhora no entendimento da natureza da ciência, expressando concepções ingênuas sobre o assunto.

Sem entrar nesse momento em uma discussão mais aprofundada e crítica sobre a expectativa presente nos NSES, destaca-se que esse documento defende que as atividades investigativas devem apresentar as seguintes características: a) promoção do engajamento de estudantes em questões de caráter científico, b) priorização de evidências para responder às questões que seriam utilizadas para formular explicações, c) avaliação das explicações em relação a teorias alternativas e d) comunicação e justificativa das suas explicações (NRC 2000 e MUNFORD e LIMA, 2007).

Essas atividades não precisam ser necessariamente atividades “*hands-on*”, expressão em inglês que designa atividades práticas ou experimentais. Conforme Munford e Lima (2007) e Bybee (2006) argumentam, o fato de ser realizada em um laboratório e de exigir artefatos não implica que uma atividade escolar tenha as características consideradas essenciais a uma investigação, pois, dependendo da forma que foi proposta e desenvolvida, uma atividade não-prática pode conter elementos que a caracterizem como investigativa.

Além disso, essas atividades não precisam ser bastante abertas, de modo que os alunos tenham autonomia para escolher questões e planejar a investigação (MUNFORD e LIMA, 2007). Por exemplo, Azevedo (2009) propõe e caracteriza diferentes tipos de atividades que podem ser consideradas investigativas como: demonstrações investigativas, laboratório aberto, questões abertas, problemas abertos. A autora parte do princípio que todas essas

atividades levam “...os alunos a pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas, usando os conhecimentos teóricos e matemáticos” (AZEVEDO, 2009, p.20).

Munford e Lima (2007, p.10) chamam atenção para a proposta de adequação das atividades investigativa, definindo-a como:

“(...) significativa, no sentido de que a organização das atividades investigativas em diferentes níveis de abertura ou controle possibilita a aprendizagem por meio de investigação entre alunos de diferentes faixas etárias e com diferentes perfis, inclusive aqueles com maiores dificuldades na área de ciências da vida e da natureza.”

De acordo com o NSES (NRC, 1996 e DEBOER, 2006), configurando o ensino com as características apresentadas, espera-se que os alunos possam:

- entrar em contato com uma rica e excitante experiência de conhecimento e entendimento sobre o mundo natural;
- utilizem os processos e princípios da ciência para tomar decisões pessoais;
- possam se engajar de maneira inteligente e participativa em discussões e debates que envolvam temas relacionados à ciência e à tecnologia;
- aumentem sua produtividade utilizando o conhecimento, a compreensão e habilidades inerentes a atividade científica.

Dessa forma, o ensino de ciências por investigação é apresentado como promotor de vários benefícios, promovendo maior motivação, aprendizagem de conceitos e procedimentos, bem como melhor compreensão da natureza das ciências e do seu papel na sociedade atual (DEBOER, 2006). Entretanto, essa abordagem de ensino não tem alcançado o sucesso esperado, ou seja, a superação de uma concepção tradicional de ensino de ciências que valoriza um conhecimento específico de fatos e de termos.

Procurando enfrentar as dificuldades para a compreensão e disseminação dessa abordagem de ensino, o campo de estudos sobre ensino de ciências por investigação tem realizado diferentes pesquisas e apresentado diferentes propostas. Muitos desses estudos partem do princípio de que no processo de estabelecimento do movimento reformista, iniciado na década de 80, criou-se uma expectativa excessiva sobre essa metodologia de ensino,

ignorando os estudos sobre aprendizagem (BYBEE, 2006, DUSCHL, 2009). Atualmente, encontram-se mais estudos que perseguem a compreensão dessa dinâmica de estudo, além de incorporar as dimensões cognitivas, epistêmicas e sociais às suas questões e objetivos de pesquisa (ANDERSON, 2002, DUSCHL, 2009).

Nesses estudos, encontram-se trabalhos que têm avaliado o impacto do ensino por investigação na aprendizagem científica (SANDOVAL, 2005), os quais apresentam e avaliam ambientes de aprendizagem que criam oportunidades para o engajamento em atividades investigativas (ROTH, 1995, SANDOVAL, 2000, KELLY e DUSCHL, 2002, DUSCHL, 2008) e analisam o papel de professores e alunos em situações investigativas (KELLY e TAKAO, 2002, TAKAO e KELLY, 2003, SANDOVAL e REISER, 2004). Outros estudos se preocupam em delimitar e qualificar os elementos que devem compor e sustentar as situações didáticas que podem ser consideradas investigativas, devido aos múltiplos sentidos e configurações que se apresentam nas atividades ditas investigativas (ANDERSON, 2002, CHINN e MALHORTA, 2002, GRANDY e DUSCHL, 2005).

O estudo apresentado nesta tese se aproxima das agendas de pesquisas que têm como foco essencial os estudos *in situ* sobre o aprendizado epistêmico de estudantes em diferentes níveis de ensino (SANDOVAL 2005, KELLY e DUSCHL 2002, KELLY 2005). Essas agendas se diferenciam de estudos que assumem a conceitualização da epistemologia de um ponto de vista individual, isto é, que pesquisam as concepções de Ciências de alunos e professores por meio de questionários e entrevistas (SILVA, 2008). Os estudos epistemológicos sobre educação científica são estudos que se interessam em compreender como os estudantes participam das práticas discursivas e de produção do conhecimento científico escolar e como esta participação influencia no seu aprendizado epistêmico.

1.2. Estudos epistemológicos e a educação científica

Os desafios para se implantar uma educação científica coerente com os documentos oficiais da reforma norte-americana do Ensino de Ciências e com as novas perspectivas e entendimentos sobre a ciência acadêmica e também

sobre aprendizagem e ambientes de aprendizagem têm incentivado a promoção de estudos interessados nos aspectos epistêmicos envolvidos nas situações de ensino e aprendizagem de ciências (KELLY e DUSCHL , 2002, SANDOVAL, 2005, DUSCHL, 2008).

Como já apresentado nesta tese, os documentos oficiais norte-americanos para a educação científica e boa parte da comunidade acadêmica daquele país têm defendido que o Ensino por Investigação é uma abordagem central aos processos de ensino de Ciências. Com a participação em atividades didáticas que reproduzem parcialmente o trabalho de cientistas (DEBOER, 2006), espera-se que os estudantes possam vivenciar práticas específicas que os aproximem do processo de produção de conhecimento científico. Esses documentos partem do princípio de que o ensino por investigação favorece um processo mental ativo que exige uma participação ativa do aluno e, por consequência, essa estratégia seria mais efetiva para aprendizagem.

Segundo Kelly e Duschl (2002), nesses documentos são definidos objetivos que podem ser classificados em quatro categorias: conceitual, epistemológico, comunicativo e sócio-político. Os pesquisadores argumentam que, pautado por esses objetivos, o ensino de Ciências deve promover um maior entendimento dos conceitos e procedimentos científicos, mas também uma maior compreensão da natureza das ciências, do desenvolvimento histórico das ideias científicas, dos processos de comunicação científica e do papel das ciências na sociedade.

Esses objetivos epistemológico, comunicativo e sócio-político se originam em reflexões sobre atividade científica oriundas do campo da sociologia, história e filosofia das ciências (LATOUR e WOOLGAR, 1997, LATOUR, 2000, CHALMERS, 1983, KELLY, 2008) que trouxeram novos olhares e contribuições para o ensino e a pesquisa sobre educação científica (KELLY e CRAWFORD, 1997, KELLY et al, 1998 e DUSCHL, 2008). Em comum, essas reflexões destacam a dimensão social da construção do

conhecimento científico, ressaltando os atores, a linguagem, as ações, os valores e as ferramentas que configuram a atividade científica.

Magnusson et al (2006) apresentam que as visões contemporâneas das ciências definem que o conhecimento científico é resultado de processos de *invenção* que estão intrinsecamente relacionados à comunidade da qual o cientista faz parte. Essa comunidade determina *como* e *o que é inventado* ou *descoberto*. A determinação e a delimitação da produção do conhecimento científico estão relacionadas às práticas, valores e crenças que são caros a um grupo que compõe determinada comunidade científica. Dentro da comunidade, podem ser encontrados os aportes teóricos e metodológicos que sustentam a investigação, mas também suas motivações e os critérios e gêneros do discurso necessários para sua legitimação.

1.2.1. O estudo das práticas científicas

Entre os estudos sociológicos ou antropológicos da ciência que ajudam a entender essas características da atividade científica destacam-se os produzidos por Bruno Latour e seus colaboradores (LATOUR e WOOLGAR, 1997, LATOUR, 2000). Latour se dedicou ao estudo da ciência em construção, especialmente na obra “A vida de laboratório,” escrita em parceria com Steve Woolgar. Eles fizeram um estudo etnográfico sobre o trabalho de cientistas em um renomado laboratório de pesquisa de 1975 a 1977 nos EUA. Nessa pesquisa, Latour e Woolgar traçaram um caminho diferenciado para os estudos sobre a ciência ao produzirem descrições e análises da atividade científica considerando as condições sociais de produção de enunciados que resultam na construção dos fatos. Como fato, entende-se o enunciado que não está mais acompanhado por qualquer outro enunciado que sirva de fundamentação, justificativa ou que discorra sobre a história de produção do enunciado que passou a ser encarado como fato.

Contraopondo-se às narrativas da história da ciência que enfatizam as grandes teorias e ou pensadores, Latour investigou um importante centro de pesquisa, descrevendo-o como uma tribo exótica, tentando conhecer e

compreender as práticas dos atores que frequentam e constituem um laboratório de pesquisa (OLIVEIRA, 2006).

Segundo Latour e Woolgar (1997, p.26), a sua pesquisa tinha como pressuposto:

“(...) aproximar-se da ciência, contornar o discurso dos cientistas, familiarizar-se com a produção dos fatos e depois voltar-se sobre si mesma, explicando o que fazem os pesquisadores, com uma metalinguagem que não deixe nada a dever à linguagem que se quer analisar.”

Uma das contribuições desse tipo de abordagem é sua preocupação em observar como os pesquisadores trabalham permitindo passar das circunstâncias locais para outras circunstâncias nas quais as condições originais relacionadas à produção não contam mais. Latour e Woolgar se propuseram a investigar o “contexto da descoberta” e o “contexto da justificação”³ de forma integrada para que possam ser analisados os processos de transformação, tradução e deslocamentos que permeiam as atividades de bancada que culminam na produção de fatos.

Eles pretendiam escrever a história dos fatos, recuperando os referenciais históricos e sociais que são perdidos quando um fato já foi construído. Nesse sentido, eles trazem o estudo do ambiente material que torna possível o fenômeno, mas que só muito raramente são mencionados. Em um primeiro momento, esses pesquisadores analisam os processos de construção de um fato por meio de sua inscrição em um artigo, situando o momento e o lugar preciso da transformação pela qual o enunciado se torna um fato, com a supressão das circunstâncias de sua produção.

³ Segundo Miguel e Videira (2011) os termos e os significados de “contexto da descoberta” e “contexto da justificação” foram elaborados por Hans Reichenbach no livro *Experience and prediction: an analysis of the foundations and the structure of knowledge*, publicado em 1938. Com essa expressão, ele tentava expressar as diferenças entre o modo de pensar do cientista e a forma de apresentá-lo ao público. É possível afirmar que esses termos são apropriados por Latour e Woolgar (1997) como fatos ou caixas-pretas, já que não se preocupam em apresentar as suas definições ou as suas origens.

Latour e Woolgar se dedicam também ao exame dos microprocessos de construção social dos fatos, caracterizado pelo estudo das atividades cotidianas do laboratório e que envolvem os gestos mais insignificantes que poderiam contribuir para esse processo de produção de conhecimentos científicos. Esse estudo consistiu em observar como se desenvolvem conversas e discussões entre os membros dos laboratórios. Em seus dados, eles indicam que uma discussão rápida de poucos minutos pode envolver uma série de negociações intrincadas, ou ainda, que em conversas entre pesquisadores pode ser verificada uma rede complexa de avaliações que podem abarcar o nível de exigência de prática profissional, as imposições do tempo, a eventualidade de futuras controvérsias e a urgência relativa de interesses concomitantes de pesquisa.

Aos etnógrafos a análise das conversas e discussões se revela uma fonte de dados que demonstrou que há uma diversidade de interesse e preocupações que permeiam as atividades dos pesquisadores. A análise sinaliza que é difícil separar as discussões de natureza técnica, descritiva e teórica. Elas se dão simultaneamente com os pesquisadores passando constantemente de um centro de interesse para outro em uma mesma conversa. Outro argumento apresentado é que, para Latour e Woolgar, os processos de pensamento empregados pelos pesquisadores na sua atividade profissional não diferem fundamentalmente do que são empregados nos acontecimentos do dia a dia.

Esse trabalho de Latour e Woolgar indica uma premissa importante considerada nesta tese que é a natureza dual da comunidade científica e a necessidade de se considerar os processos de produção *in situ* para perceber as diferenças e as relações entre os discursos sobre a atividade científica e sobre os fatos que são produzidos e os discursos presentes nas situações de produção do conhecimento científico (LATOURE e WOOLGAR, 1997 e MAGNUSSON et al 2006).

Dessa forma, ressalta-se que as situações de produção, ou a comunidade de bancada são caracterizadas pelas atividades de pequenos

grupos que trabalham colaborativamente de forma fechada na resolução de problemas imediatos. Essas atividades são distinguidas pela utilização de artefatos (equipamentos de laboratório e documentos), pelas controvérsias, incertezas e tensões e por especulações informais sobre os procedimentos realizados e dados observados. As situações de comunicação são marcadas pelo consenso e pelo cumprimento das normas e regras de validação e justificação da ciência. Na produção de artigos e outras comunicações, as tensões e controvérsias são atenuadas ou silenciadas, as ideias são compactadas e existe um esforço em promover a compreensão dos leitores e em explicitar a contribuição da pesquisa para a comunidade (MAGNUSSON et al, 2006).

Os estudos de Latour (LATOURE e WOOLGAR, 1997 e LATOUR, 2000) sobre a ciência em ação, com destaque para as atividades cotidianas, trazem à tona o caráter idiossincrático, local, heterogêneo, contextual e diversificado das práticas científicas (KNORR-CETINA apud LATOUR e WOOLGAR, 1997). Eles consistem em contribuições para desmitificar os procedimentos de produção e de comunicação do conhecimento científico e possibilitam destacar o papel dos processos de interação de um grupo social, no caso de cientistas, nessas atividades (KELLY, 2005). Kelly (2005) argumenta que o foco sobre a ação cotidiana dos sujeitos pode ajudar na compreensão do que conta como ciência para um relevante grupo social.

Continuando essa linha de argumentação, Kelly (2005) ressalta que, em comunidades particulares, como é o caso das comunidades científicas, a determinação e a delimitação do que pode ser considerado conhecimento válido estava relacionada a práticas sociais. Para Kelly, as práticas sociais dão origem a um conjunto padronizado de ações executadas por membros de um grupo que possuem propósitos e expectativas comuns e que compartilham valores, ferramentas e significados. No caso das ciências, as práticas sociais influenciam os rumos de uma pesquisa, controlam os discursos relacionados à divulgação dos conhecimentos produzidos e determinam a socialização de novos membros.

As práticas sociais influenciam a produção dos conhecimentos científicos, entendida como resultado de um processo que envolve elaboração e negociação de saberes e de valores que qualificam o que pode ser considerado como boas questões, métodos e respostas adequadas (SILVA, 2008). Além disso, se entende que o conhecimento científico incorpora significados, argumentos, conclusões, hipóteses ou teorias que não constituem meras opiniões, mas enunciados que devem estar sustentados com provas ou dados empíricos. Essas ações de atribuição de legitimidade aos modos de produção e à natureza dos conhecimentos estão associadas aos compromissos epistemológicos que determinam o que conta como conhecimento em um determinado grupo, no caso, a comunidade científica (KELLY e DUSCHL, 2002; SANDOVAL e REISER, 2004; KELLY, 2005; SANDOVAL, 2005).

Essa visão da construção do conhecimento científico como prática social situada (DUSCHL e KELLY, 2002 e KELLY, 2005) ou como empreendimento fundamentado na comunidade (MAGNUSSON et al, 2006) nos conduz à ideia de que a educação científica deve consistir em um processo de enculturação que envolve também um aprendizado epistêmico, isto é, os alunos devem se apropriar dos critérios que são utilizados para avaliar o conhecimento (JIMENEZ-ALEIXANDRE, et al, 2008). Para tanto, o ensino de ciências deve criar oportunidades para a construção de conceitos, abordagens experimentais e atitudes, bem como para participação em processos discursivos nos quais são realizadas operações de textualização típicas das ciências, como: descrever, explicar, generalizar, definir, exemplificar, construir argumentos, construir narrativas, usar analogias e metáforas e calcular (SILVA, 2008). Além disso, as atividades de ensino de ciências devem favorecer a apropriação pelos estudantes de critérios de avaliação e justificação que são compartilhados pela comunidade científica (JIMENEZ-ALEIXANDRE e BUSTAMANTE, in press, JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2008).

1.2.2. As práticas epistêmicas: objetos de pesquisa

Considerando essas premissas sobre o processo de construção do conhecimento científico e da aprendizagem em ciências, têm-se estabelecido

linhas de pesquisa que investigam os processos intersubjetivos e discursivos que permeiam as atividades investigativas escolares que envolvem problemas autênticos (DUSCHL e KELLY, 2002, KELLY, 2005, SANDOVAL, 2005 e DUSCHL, 2008). Os problemas autênticos seriam aqueles que podem ser considerados complexos, pois em sua estrutura não há o fornecimento de todas as informações necessárias e, na busca pela solução, o indivíduo tem de selecionar informações e métodos para obter uma possível resposta (ROTH, 1995). Considera-se que a exploração de um problema autêntico desencadeia uma atitude de investigação e se distancia de estratégias que são empregadas nos tradicionais problemas escolares, estes caracterizados por serem bem definidos e com um resultado ou resposta esperada (LIMA e SILVA, 1997).

Os pesquisadores dessas linhas têm conduzido estudos em que:

“O foco das atenções recai, portanto, no processo de construção e justificação dos saberes *in situ*, evidenciando-se, em vários casos, as etapas ou níveis epistêmicos pelos quais os alunos elaboram questões, propõem métodos adequados para alcançar respostas, interpretam dados e principalmente constroem argumentos a fim de legitimar o conhecimento de tal forma produzido, ou seja, o foco recai no processo pelo qual os alunos produzem e validam, por meio de um movimento argumentativo, os saberes nas suas investigações escolares.” (SILVA, 2008. P.49).

Esses estudos se vinculam às agendas de pesquisa diferenciadas propostas por Kelly e Duschl (2002) e Sandoval (2005) que propõem desenvolver análises interessadas na compreensão das dinâmicas propiciadas pelas atividades investigativas e das formas de participação dos estudantes e, conseqüentemente, nos tipos e nos níveis de aprendizagem. Em comum, essas agendas de pesquisa indicam o exame empírico da construção do conhecimento *in situ* e criticam os estudos que utilizam questionários para sondar as concepções de Ciências de professores e alunos (SILVA, 2008).

Esses estudos utilizam o suporte de ferramentas analíticas para investigar os processos de apropriação de conceitos e das práticas discursivas da comunidade científica por parte dos estudantes. Além disso, se dedicam ao estudo do papel do professor e de suas estratégias enunciativas nesses processos (REVELES et al, 2007, SILVA, 2008, ARAUJO, 2008, JIMENEZ-

ALEIXANDRE et al, 2008). Outros estudos têm proposto o planejamento de ambientes de ensino por investigação que deem o suporte necessário para a apropriação de aspectos epistêmicos da ciência pelos estudantes (SANDOVAL et al, 2000; KELLY e TAKAO, 2002; TAKAO e KELLY, 2003; KELLY e DUSCHL, 2002; SANDOVAL e MORRISON, 2003; SANDOVAL e RESIER, 2004; KELLY, 2005, DUSCHL, 2008).

Sandoval argumenta que o estabelecimento de sua agenda de pesquisa é imprescindível, pois existem dados que trazem evidências de que os estudantes envolvidos em atividades de ensino por investigação podem apresentar o domínio de práticas científicas, mas também expressar concepções ingênuas sobre a natureza das ciências. Essas evidências contradizem as expectativas de que o engajamento do estudante em atividades investigativas poderia resultar em uma sofisticação de sua compreensão da natureza das ciências. (SANDOVAL e MORRISON, 2003, SANDOVAL, 2005).

De certo modo, pode-se considerar que essa possibilidade de domínio de práticas científicas dissociado de um desenvolvimento de uma compreensão da natureza das ciências não é um dado tão incomum como é apresentado por Sandoval (2005). Acevedo et al (2005) ressaltam que o conhecimento da natureza das ciências está relacionado a um processo de reflexão sobre a própria ciência, algo que não está ao alcance da grande maioria dos alunos, e há de se reconhecer, nem da grande maioria dos cientistas.

Nesse sentido, considerando que o ensino por investigação pode contribuir para o entendimento da natureza das ciências e buscando uma melhor compreensão desse processo, Sandoval (2000, 2005 e SANDOVAL e MORRISON, 2003) propõe uma nova forma de estudar e conceitualizar as concepções epistemológicas dos estudantes. Para ele, as pesquisas sobre o desenvolvimento epistemológico de estudantes devem ocorrer no contexto de atividades investigativas e devem levar em consideração as diferenças entre as ideias prévias dos estudantes sobre as ciências e as ideias que estes empregam na situação de investigação.

Sandoval (2000, 2005 e SANDOVAL e MORRISON, 2003) propõe que a compreensão epistemológica de estudantes pode ser investigada por

diferentes construtos: as epistemologias formais, as epistemologias práticas e as práticas epistêmicas. A distinção entre esses conceitos permitiria estabelecer relações entre as ações executadas pelos alunos e suas concepções sobre a ciência profissional e formal. Ele afirma que as epistemologias formais dizem respeito às crenças dos estudantes sobre a ciência profissional. As epistemologias práticas são as ideias epistemológicas que os estudantes utilizam para refletir sobre o seu próprio conhecimento científico produzido durante os processos de investigação. Já as práticas epistêmicas se referem a atividades cognitivas e discursivas que emergem nas situações em que os alunos estão engajados na produção e avaliação do conhecimento científico e que podem levar a um desenvolvimento de uma compreensão epistemológica.

A agenda de pesquisa proposta por Sandoval (2005) defende a realização de estudos que propiciem evidenciar ou construir uma ponte entre as epistemologias práticas e as formais.

Para tanto, as pesquisas que pretendem se dedicar a tal propósito devem planejar estudos longitudinais que investiguem a produção de artefatos pelos estudantes e que os interroguem sobre os critérios ou razões que os orientaram na seleção de evidências e que fundamentaram seus argumentos. Esses estudos devem explorar as relações entre o discurso da sala de aula e as epistemologias individuais. Essa análise discursiva teria como objetivo compreender como a participação dos alunos em diferentes práticas discursivas propicia o desenvolvimento de suas ideias epistemológicas (SANDOVAL, 2005).

A agenda de pesquisa proposta por KELLY e DUSCHL (2002 e KELLY, 2005) se fundamenta nos seus estudos de revisão sobre questões epistemológicas relacionadas à educação científica. Eles argumentam que, considerando a dimensão dialógica e cultural inerente à produção de conhecimentos científicos, as pesquisas no ensino de Ciências devem investigar as práticas epistêmicas associadas à produção, comunicação e avaliação dos conhecimentos produzidos nas situações reais de ensino.

As práticas epistêmicas são identificadas como as práticas sociais que estão associadas à produção e à justificação do conhecimento que ocorre no seio de uma comunidade. Elas são definidas como as formas específicas que membros de uma comunidade utilizam para observar, inferir, propor, justificar, avaliar e legitimar o processo de construção de conhecimentos científicos (KELLY e DUSCHL, 2002 e KELLY, 2005). Kelly e Duschl (2002) apresentam três instâncias da atividade científica que seriam adequadas para os estudos das práticas epistêmicas, são elas: a representação dos dados, os processos de persuasão dos pares e a observação de um ponto de vista particular.

Essas instâncias da atividade científica se caracterizam pela definição ou construção de dados mais adequados para sustentar os argumentos produzidos; bem como pelos processos de argumentação que refinam e validam o conhecimento a partir dos problemas, evidências, teorias e normas da comunidade científica. De acordo com Kelly e Duschl (2002), essas três instâncias de práticas epistêmicas demonstram o papel proeminente da comunidade científica nas decisões do que conta como conhecimento científico para os membros do grupo e trazem o interesse pelos processos intersubjetivos presentes na construção do conhecimento para os estudos epistemológicos do ensino de Ciências (SILVA, 2008).

Espera-se que trabalhos realizados, seguindo essa agenda, possam se distanciar de estudos psicológicos sobre crenças epistemológicas individuais (*personal epistemology*) (DUSCHL e KELLY, 2002). Esses estudos sobre epistemologias pessoais, como os de Hoffer e Pintrich (2005), as definem como um conjunto de crenças individuais sobre a natureza e a produção do conhecimento. Kelly (2005) sinaliza que a concepção da consciência individual como agente epistêmico é um pressuposto importante do positivismo lógico e de influentes abordagens pedagógicas e linhas de pesquisa em ensino de Ciências como aprendizagem por descoberta e de algumas formas de construtivismo. Esses estudos têm se dedicado a questões que incluem a pesquisa sobre a tradução da experiência sensorial em conhecimento, sobre as regras de inferência válidas para um observador e sobre problemas de transferência de significado entre os interlocutores. Além disso, Duschl e Kelly

(2002) indicam que esses trabalhos confundem conhecimento com crença e eliminam o caráter social da construção e justificação dos conhecimentos científicos.

Como afirmado por KELLY (2005), seguindo os princípios da agenda proposta, os estudos devem compreender a epistemologia como um campo do conhecimento filosófico que investiga a origem, a natureza, o alcance e as limitações do conhecimento científico. Na ciência, a epistemologia tem se dedicado a examinar a natureza das evidências, os critérios de escolha, o papel da teoria na pesquisa, o desenvolvimento das ideias e teorias científicas e a estrutura disciplinar do conhecimento (KELLY e DUSCHL, 2002).

Uma visão social da epistemologia permite a Kelly (2005) propor um movimento de mudança do sujeito epistêmico, foco de interesse da pesquisa educacional, do indivíduo para uma comunidade de aprendizes. Investigando as comunidades de aprendizes e suas interações sociais estabelecidas em uma atividade de ensino seria possível descrever os processos constitutivos da construção do conhecimento. Essa descrição envolveria a investigação de como as práticas epistêmicas, enquanto práticas sociais, são instanciadas, comunicadas, apropriadas, interpretadas, aplicadas e como elas mudam com o tempo.

Nesse sentido, para estudar as situações de investigação escolar, entendidas como oportunidades de aprendizagem nas quais os estudantes aprendem conjuntamente desempenhando práticas sociais (práticas epistêmicas) relevantes para a comunidade científica, Kelly (2005) sugere a Teoria da Atividade como referencial teórico-metodológico.

Destaca-se que esta tese, que analisa as práticas epistêmicas de alunos de um curso de Ciências Biológicas em uma disciplina que desenvolve o ensino por investigação, assume a premissa de Kelly (2005). Entretanto, antes de abordar tal teoria e como a mesma contribuiu para a análise de interesse dessa pesquisa, faz-se necessário caracterizar melhor alguns estudos anteriores sobre práticas epistêmicas que se baseiam nas agendas de pesquisa apresentadas.

1.2.3. Os estudos sobre práticas epistêmicas

Nessa seção serão apresentados trabalhos de William A. Sandoval e colaboradores e Gregory J. Kelly e colaboradores tentando evidenciar como esses grupos de pesquisa têm construído suas pesquisas sobre práticas epistêmicas. Pretende-se mostrar também os principais resultados desses estudos que se preocupam em analisar o desenvolvimento e o aprendizado de práticas científicas por estudantes em situações de ensino de Ciências por Investigação.

No artigo “*Designing Knowledge Representations for Learning Epistemic Practices of Science*”, publicado em 2000, Sandoval e colaboradores apresentam uma discussão sobre os resultados obtidos pelo grupo no desenvolvimento de diferentes ambientes de aprendizagem para o ensino de Ciências por Investigação. Segundo os autores, esse trabalho de desenvolvimento de ambientes que propiciam atividades investigativas colaborativas, presenciais e *on line*, nas quais os estudantes realizam práticas epistêmicas, os tem permitido compreender o papel das diferentes representações do conhecimento, - como modelos, explicações, diagramas, simulações etc - no desenvolvimento da compreensão epistemológica de estudantes. Por isso, eles se propõem a apresentar os princípios que os têm orientado na construção desses instrumentos de ensino e de investigação sobre aprendizagem epistêmica.

De início, Sandoval et al (2000) delimitam a diferença entre compreensão epistemológica e prática epistêmica. Eles definem que a compreensão epistemológica⁴ se refere ao conjunto de ideias que se espera que os estudantes possuam ou manifestem quando estão engajados fazendo ou pensando em Ciências. As práticas epistêmicas são atividades cognitivas e discursivas que permitiriam o desenvolvimento da compreensão epistemológica.

⁴ É importante ressaltar que esse trabalho é anterior à definição de compreensão epistemológica apresentada na seção anterior, segundo a qual esse tipo de compreensão poderia ser estudado pela análise das epistemologias formais, das epistemologias práticas e das práticas epistêmicas. Da forma como apresentada no artigo que está sendo discutido nesta seção, a compreensão epistemológica parece se referir tanto a epistemologias formais, quanto às epistemologias práticas.

Considerando o conceito de compreensão epistemológica, espera-se que atividades de investigação desenvolvidas possibilitem que os estudantes engajados desenvolvam pelos menos cinco entendimentos básicos sobre a natureza das Ciências: (1) o reconhecimento da construção do conhecimento científico como um processo dinâmico e socialmente determinado, além de orientado por critérios que validam as teorias, metodologias, questões e possíveis respostas; (2) a consciência da diversidade e as possíveis divergências quanto a representações, explicações e compromissos epistemológicos das diferentes áreas de conhecimento; (3) o aprendizado dos critérios de avaliação do conhecimento científico que incluem a plausibilidade dos mecanismos causais, a parcimônia e a consistência dos dados observados; (4) a percepção da relação recíproca entre dados e teoria, reconhecendo o papel da teoria na interpretação e no julgamento na validade dos dados e também compreender como novos dados podem resultar em mudanças teóricas radicais; (5) a capacidade de criação e uso de representações do conhecimento ou inscrições adequadas.

Para o desenvolvimento dessa compreensão epistemológica, as atividades investigativas devem propiciar a realização de um conjunto de práticas epistêmicas. Sandoval et al (2000) sugerem que essas práticas devem proporcionar: (1) ações de produção e avaliação do conhecimento que sejam articuladas; (2) coordenação entre teoria e evidências, com o estímulo do uso de teorias para explicar dados e uso de dados para avaliar teorias; (3) atribuição de sentido a um padrão de dados considerando dados de múltiplas fontes; (4) produção e análise de representações do conhecimento diferenciadas; (5) discussão e debates com avaliação de argumentos, hipóteses e dados à luz das teorias e de outros conhecimentos.

No artigo em questão, Sandoval et al apresentam exemplos de atividades investigativas, que são por eles denominadas de ferramentas de ensino, entre elas o *ExplanationConstructor*. Esse programa de computador (*software*) suporta a atividade de estudantes na construção de explicações científicas, na resolução de problemas e no aprendizado de conceitos de evolução e de seleção natural. O programa oferece o suporte necessário para

que as explicações científicas sobre os fenômenos naturais, produzidas pelos estudantes, sejam articuladas tornando-se mais coerentes e fundamentadas em evidências apropriadas.

Sandoval et al (2000) e Sandoval e Reiser (2004) afirmam que o *ExplanationConstructor* é uma ferramenta de ensino que permite explicitar concepções e processos da investigação científica dentro de uma disciplina. Com o programa, o professor poderia estimular atividades investigativas que possibilitariam aos estudantes, em pequenos grupos, vivenciar práticas, como a delimitação e a explicitação das questões de pesquisa e sua relação com as explicações produzidas, a comparação entre as explicações dos estudantes e as teorias vigentes sobre o fenômeno natural e oportunidades para avaliar e comunicar as suas explicações, bem como analisar as explicações de outros grupos.

Em Sandoval e Reiser (2004) podem ser encontrados resultados de dois estudos, realizados respectivamente em 1997 e 1998, sobre o uso do *ExplanationConstructor*, cuja análise centrou-se na eficácia da ferramenta como instrumento de suporte para a construção e avaliação de explicações realizadas por estudantes do ensino médio. Os alunos trabalharam por quatro semanas com a ferramenta com atividades organizadas e orientadas pelo professor da turma.

No primeiro estudo, os pesquisadores gravaram as atividades dos grupos quando os seus membros se dedicavam a investigar e a produzir explicações partindo das questões e recursos oferecidos ou orientados pela ferramenta. Eles examinaram episódios nos quais os alunos negociavam as decisões, articulavam novas questões, propunham ou refinavam as explicações ou escolhiam os dados necessários à investigação.

Na análise dos vídeos, Sandoval e Reiser (2004) perceberam cinco tipos de práticas epistêmicas:

1. Monitorando epistemicamente o progresso: caracteriza-se pelas situações nas quais os estudantes analisam que partes do problema estão explorando

e se estão conduzindo a investigação de forma a obter uma resposta que possa ser considerada científica;

2. Planejando a investigação: referem-se à proposição de estratégias investigativas por parte dos estudantes que podem dirigir os planos e objetivos de sua investigação;
3. Negociando a composição de uma explicação: são situações marcadas pelo dissenso de ideias que exige o debate do grupo para determinar que elementos (dados ou argumentos) devem compor a explicação proposta pelo grupo;
4. Avaliando as evidências: consistem nos processos de avaliação dos alunos das explicações produzidas a partir das evidências obtidas no processo investigativo
5. Reconhecendo dados importantes: configura-se por ocasiões em que os alunos identificam e denotam importância a determinado dado.

No segundo estudo realizado em 1998 com outras turmas, Sandoval e Reiser (2004) trazem os resultados de aprimoramentos no *ExplanationConstructor*. Esses aprimoramentos visaram melhorar as atividades de avaliação de explicações. Para tanto, eles criaram um guia de avaliação que deveria ser utilizado pelos alunos para avaliar as explicações dos colegas e auto-avaliar as suas explicações. Esse guia apresentava aos estudantes os seguintes critérios de avaliação: (a) rigor e clareza das explicações, (b) qualidade no uso do dado, (c) comparação das explicações com teorias alternativas e (d) percepção das limitações de sua explicação.

Para o processo de avaliação, os grupos produziram textos que, armazenados na ferramenta, puderam ser analisados pelos pesquisadores. Nas avaliações entre pares, Sandoval e Reiser (2004) encontraram que os grupos atribuem às explicações dos colegas uma ausência de dados consistentes ou uma falha na explicitação do que sustenta os seus argumentos. Já com relação às auto-avaliações, os pesquisadores encontraram que os grupos faziam mais críticas às limitações do ambiente de aprendizagem do que a qualidade de suas explicações.

Para Sandoval e Reiser (2004), os resultados encontrados com a reformulação da atividade permitem afirmar a possibilidade de estabelecer e aprimorar os procedimentos de avaliação epistêmica.

Em 1998, Sandoval e Morrison (2003) realizaram outro estudo que examinou se e como mudaram as crenças sobre a natureza das ciências desses estudantes após o trabalho com a ferramenta de ensino. Os pesquisadores selecionaram oito estudantes que foram entrevistados antes e depois de participarem da atividade propiciada pelo *ExplanationConstructor*. Os estudantes foram questionados sobre os objetivos da ciência, as características das questões e dos trabalhos dos cientistas, a influência da teoria sobre a análise de dados e os processos de mudança de teorias.

A análise das entrevistas sinalizou que não houve alteração nas concepções sobre a natureza das ciências após a intervenção didática, isto é, a execução de práticas epistêmicas não levou à mudança nas crenças epistemológicas. Entretanto, os dados de Sandoval e Reiser (2004) revelam um aprimoramento dessas práticas, com alunos desenvolvendo a capacidade de fazer e justificar afirmações científicas, avaliar o progresso da investigação, etc.

Como mencionado na seção anterior, esse dado apresentado por Sandoval (2005) chama a atenção para a necessidade de estudos longitudinais e que incorporem instrumentos metodológicos para sondar os discursos produzidos pelos estudantes em situações de investigação. Ele também argumenta sobre a necessidade de que os estudos contemplem as diferentes dimensões que configuram as crenças epistemológicas dos estudantes. Para tanto, Sandoval apresenta os conceitos de epistemologias formais, epistemologias práticas e práticas epistêmicas, já discutidos na seção anterior.

Os estudos de Gregory J. Kelly e colaboradores sobre práticas epistêmicas têm origem nos esforços desses pesquisadores para estudar as situações de produção de ciência escolar partindo dos princípios da antropologia e da sociologia das Ciências. Nessas investigações são documentadas como as práticas discursivas e sociais da ciência escolar são construídas, sinalizadas e reconhecidas por meio de instrumentos

metodológicos da etnografia e da análise do discurso (KELLY e CRAWFORD, 1997, KELLY et al 1998, KELLY e CHEN 1999).

Essas pesquisas são marcadas pela escolha de contextos educacionais nos quais estudantes estão envolvidos em atividades investigativas. Por meio de filmagens das atividades, os pesquisadores têm acesso aos eventos culturais, às interações, aos atores e aos artefatos característicos da educação científica que são considerados como chave para o entendimento dos processos de construção e justificação dos conhecimentos científicos escolares.

Segundo KELLY e CHEN (1999, p.884), as suas investigações

“...examinam a ciência escolar em ação, isto é, o desenvolvimento e a evolução dos processos sociais de membros de uma sala de aula como eles constroem, em situações definidas, noções de ciência, experimentos, textos, evidências, entre outras. Por meio de um exame de práticas de sala de aula, nós identificamos por meio do estudo das interações sociais (por exemplo, a decisão sobre protocolos experimentais, a interpretação de inscrições) as práticas culturais (por exemplo apresentação de resultados experimentais, produção de textos em gêneros convencionais, aplicação de exemplos para problemas específicos) que caracterizam essa comunidade.”

Nesse processo de estabelecer estudos que se caracterizam por uma perspectiva descritiva e interpretativa dos processos sociais constitutivos do conhecimento em construção, Kelly e colaboradores propõem uma agenda de pesquisa para estudos epistemológicos sobre o ensino de Ciências (KELLY e DUSCHL, 2002 e KELLY, 2005). Esses estudos teriam como objeto de pesquisa as práticas epistêmicas entendidas como práticas de produção, avaliação e comunicação do conhecimento científico.

Em seu programa de pesquisas, Kelly (2005, KELLY e TAKAO, 2002, KELLY & BAZERMAN, 2003; KELLY et al, 2005) tem se dedicado a estudos sobre a produção de textos escritos por estudantes universitários de um curso de oceanografia de uma universidade norte-americana. Em suas análises, Kelly e colaboradores têm analisado como esses estudantes fazem uso de evidências na produção de trabalhos escritos que se sustentam em argumentos científicos a partir da interação com um CD-ROM. O CD-ROM

providencia múltiplos conjuntos de dados geológicos que os estudantes têm que utilizar para a produção de conhecimentos geológicos usando a teoria da tectônica de placas.

Esses estudos adotam as premissas de que: i) a análise da argumentação é uma importante ferramenta para o entendimento do raciocínio e do engajamento dos estudantes nas práticas científicas; ii) os textos escritos têm um papel central nas comunidades científicas (KELLY e TAKAO, 2002). Para Kelly e colaboradores, no processo de produção e na materialidade dos textos escritos são encontrados indícios do desenvolvimento conceitual dos estudantes, e também seria identificada a apropriação das normas e práticas científicas por meio das formas como os estudantes:

“...são capazes de discutir dentro do espaço retórico das várias tarefas acadêmicas, dentro dos limites impostos pelo conhecimento que consideram relevantes e das informações disponíveis e segundo as normas dos respectivos campos disciplinares impostas pela organização da atividade educativa.” (KELLY e BAZERMAN, 2003).

Em um dos estudos conduzido por Kelly e Takao (2002) foi feita uma apreciação dos textos produzidos pelos estudantes universitários do curso de oceanografia por um modelo de análise da argumentação que emprega um sistema de categorias composta por seis níveis epistêmicos. Esses níveis epistêmicos se diferenciam em uma escala definida pelo grau de indução ou abstração presente nos argumentos.

Portanto, as proposições encontradas nos textos escritos dos alunos foram categorizadas da seguinte forma: o nível epistêmico I indica as proposições que fazem referência explícita a dados, figuras, gráficos e outras representações que fazem menção direta à idade ou à localização geográfica da área em estudo; o nível II indica as proposições que identificam e descrevem características topográficas da estrutura geológica específica para a área geográfica de estudo; o nível epistêmico III se caracteriza por proposições que descrevem relações geográficas relativas entre as estruturas geológicas específicas para a área de estudo; o nível IV se caracteriza por apresentar argumentos teóricos da geologia ou modelo ilustrado com dados específicos para a área geográfica de estudo; o quinto nível contempla as proposições que

se pautam em afirmações teóricas ou em modelos específicos da região em questão; o sexto e último nível epistêmico identifica as proposições gerais que descrevem os processos geológicos com referência a especialistas e livros-texto.

Com o modelo descrito acima, Kelly e Takao (2002) puderam realizar uma série de análises exploratórias que incluíram descrições estatísticas para dar uma visão geral dos dados e testar a confiabilidade e a validade do modelo. Eles realizaram também estudos de caso sobre a estruturação dos argumentos de alunos específicos, o que permitiu explicitar as articulações entre os diferentes níveis epistêmicos que sustentam um bom argumento.

Para Kelly e Duschl (2002) esse tipo de análise permite identificar as formas com as quais os alunos se engajam nas práticas epistêmicas que articulam a interpretação de dados a inscrições, modelos e teorias na geologia.

O contexto de estudo apresentado, isto é, a situação de ensino por investigação no curso de oceanografia, permitiu a promoção de diferentes estudos de Kelly e colaboradores. Tais estudos abordaram o uso de evidências na construção de textos argumentativos e os critérios epistêmicos que comparecem nas situações de produção e nos documentos dos estudantes (TAKAO e KELLY, 2003; KELLY e BAZERMANN, 2003 e KELLY et al, 2005).

Em uma reflexão sobre esse conjunto de estudos realizados ao longo de 10 anos, apresentado no artigo "*Inquiry, Activity, and Epistemic Practice*", Kelly (2005) defende que a pesquisa sobre práticas epistêmicas deve se aproximar da Teoria da Atividade. A Teoria da Atividade é uma abordagem de pesquisa psicológica que se originou nos trabalhos de L. S. Vygostky, A. N. Leontiev e Alexander Romanovich Luria no começo do século XX, e que atualmente se desdobra em um campo multidisciplinar fomentado pelos trabalhos do finlandês Yrjö Engeström (KAWASAKI, 2008).

Para Kelly (2005), a Teoria da Atividade forneceria instrumentos teóricos e metodológicos que permitiriam ao pesquisador analisar as múltiplas dimensões sociais e contextuais que configuram as situações de ensino por investigação. Nesse sentido, ele se propõe apresentar nesse artigo como as

práticas sociais, os processos discursivos e os artefatos culturais do curso universitário de oceanografia podem ser interpretados à luz da teoria da Atividade.

Sem entrar em detalhes sobre a Teoria da Atividade, algo que será feito na terceira seção deste capítulo, constata-se que Kelly caracteriza as práticas epistêmicas como práticas socioculturais, renomeando a categoria regras e normas da Teoria da Atividade. Para ele, na tarefa de produzir o artigo sustentado em evidências, os alunos do curso de oceanografia se apropriam de modos de produzir, acessar, comunicar e avaliar conhecimentos na ciência, isto é, de práticas epistêmicas. Além disso, a Teoria da atividade permite relacionar as práticas epistêmicas a elementos relacionados à comunidade em que são empregadas.

1.2.3. Os estudos sobre práticas epistêmicas do grupo de pesquisa “Linguagem e Cognição em sala de aula de ciências”

A aproximação do grupo de pesquisas “Linguagem e Cognição em sala de aula de ciências” das agendas de estudos epistemológicos de William A. Sandoval e Gregory J. Kelly ocorreu no processo de construção de estudos de doutorado e mestrado que se dedicavam à caracterização do discurso da sala de aula de Ciências. Esses estudos descrevem e analisam os diferentes gêneros de discursos e os tipos de texto da sala de aula de Ciências, na busca de entendimento sobre os processos de construção do conhecimento científico escolar (SILVA, 2008, ARAÚJO, 2008, LIMA-TAVARES, 2009).

Em uma perspectiva bakhtiniana, os pesquisadores, por meio de um conjunto de procedimentos metodológicos de coleta e análise de vídeos de sala de aula de ciências, se dedicam aos movimentos interativos e discursivos de professores e alunos, enfocando o processo de produção de enunciados (MORTIMER et al, 2007 e SILVA e MORTIMER, 2009). Com o fomento a diferentes iniciativas de investigação, espera-se a produção de um grande volume de dados que permita caracterizar diferentes formas de organizar a dinâmica das interações e da produção de significados em sala de aula e

comparar diferentes escolas, sistemas educacionais e mesmo o ensino em diferentes países (MORTIMER et al 2007).

Para tanto, cada pesquisa tem se preocupado em expandir as ferramentas analíticas desenvolvidas em estudos anteriores (MORTIMER e SCOTT, 2003 e MORTIMER et al, 2007). Esse aprimoramento constante tem por objetivo aumentar a capacidade de análise desses procedimentos metodológicos para compreender de forma ampla os aspectos interativos e os aspectos epistêmicos presentes em diferentes ambientes de aprendizagem de Ciências. Dessa forma, as investigações podem se dedicar a descrever e analisar os padrões de interação em relação às diferentes funções do discurso e ao modo como o conteúdo é trabalhado ao longo dessas interações (SILVA e MORTIMER, 2009). Espera-se contar com instrumentos metodológicos eficientes para analisar e dar visibilidade às múltiplas dimensões dos processos de enculturação científica nas diferentes aulas de Ciências.

Uma das investigações que utilizou a metodologia de análise da dinâmica discursiva e que se preocupou também com a dimensão epistêmica do aprendizado foi realizado por Silva (2008) em seu trabalho de doutorado. Nesse trabalho, Silva investigou a dinâmica discursiva de duas salas de química do segundo ano do ensino médio, uma delas em uma escola particular e a outra em escola pública. Ela procurou descrever e comparar as estratégias enunciativas de dois professores para entender e contrastar os dois estilos de ensinar por eles empregados. Por meio da análise das dinâmicas discursivas nesses ambientes esperava-se compreender como eram estabelecidas oportunidades de aprendizagem diferenciadas.

Os dados da pesquisa foram coletados em filmagens das aulas sobre os conteúdos de termoquímica e cinética química. Esses dados foram analisados com o uso de sistema de categorias proposto por Mortimer et al (2007), reformulado de acordo com as demandas da pesquisa (SILVA, 2008). Esse sistema apresenta as categorias que permitem descrever, analisar e dar sentido aos processos interativos: tipos de conteúdo de discurso, posição do

professor, locutor, padrões de interação, abordagem comunicativa, intenções do professor⁵.

Além disso, o sistema de análise utilizado continha categorias que estão relacionadas a aspectos epistêmicos que são inerentes à natureza do conhecimento em Química e Física e que caracterizam o discurso dessas disciplinas: modelagem, níveis de referencialidade⁶ e operações epistêmicas. Restringindo o foco desta revisão, destacam-se as operações epistêmicas que são identificadas por Silva (2008) como ações que são realizadas por professores, em interação ou não com os alunos. Elas estariam relacionadas às situações de produção e comunicação dos conhecimentos, mas remetem a um discurso de autoridade e mais consensual da sala de aula.

Em seu trabalho, Silva (2008) procurou estudar as operações epistêmicas por meio das seguintes categorias para descrever o discurso que está relacionado ao conteúdo científico da sala de aula: descrição, explicação, generalização, analogia, comparação, classificação, exemplificação e cálculo. As categorias se originaram da proposta inicial de operações de textualização de Bronckart (1999). Cada categoria permite a caracterização dos diferentes enunciados orais e escritos, segundo os diferentes gêneros de texto/discurso que circulam na sala de aula.

O conceito de operações epistêmicas é incorporado na análise da tese descrita como um resultado de estudos conjuntos realizados com os pesquisadores da Universidade de Santiago de Compostela, Espanha, que pertencem ao Projeto RODA (RaisOnnement, Débat, Argumentation). Esses pesquisadores espanhóis desenvolveram uma proposta analítica para análise da argumentação de estudantes conciliando as ideias de Kelly (2005) e Sandoval (2000) sobre práticas epistêmicas (JIMENEZ-ALEIXANDRE e DIAZ de BUSTAMENTE, in press). Elas são consideradas como atividades sociais de produção, comunicação e avaliação do conhecimento (KELLY, 2005) que podem ser de natureza cognitiva ou discursiva (SANDOVAL, 2000).

⁵ Para maiores detalhes são indicados os trabalhos de Mortimer et al (2007) e Silva (2008)

⁶ Para maiores detalhes ver os trabalhos indicados na nota anterior.

A proposta de JIMENEZ-ALEIXANDRE e colaboradores (JIMENEZ-ALEIXANDRE e DIAZ de BUSTAMENTE, in press, JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2008) foi desenvolvida a partir das propostas e definições apresentadas por Sandoval (2000, 2004) e Kelly (2005 e KELLY e DUSCHL, 2002) e da análise dos dados de estudos empíricos realizados por Silva (2008) e pelos pesquisadores do Projeto RODA. A proposta é apresentada no quadro 1.

No quadro, na primeira coluna, as práticas epistêmicas estão apresentadas segundo as três categorias de Kelly (2005). Já na segunda e na terceira colunas estão distribuídas práticas gerais e específicas. As práticas epistêmicas específicas foram identificadas nos discursos dos alunos e depois associadas às práticas mais gerais (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2008).

Em seu estudo, Silva (2008) realizou a identificação e exame das práticas epistêmicas que acontece pela análise dos turnos de fala dos estudantes, procurando evidenciar como

“...os alunos articulam os próprios saberes e trabalham com diferentes padrões de dados. Isso pode envolver o uso de conceitos e concepções anteriores para planejar e executar experimentos e coletar os dados obtidos. Na dimensão da comunicação, os alunos interpretam e constroem representações, considerando os dados obtidos, e buscam persuadir outros membros da comunidade. Nessa perspectiva, eles apresentam suas ideias enfatizando seus pontos cruciais e negociam as explicações para os fenômenos. Por fim, na dimensão da avaliação, os alunos coordenam teoria e evidência num processo argumentativo e contrastam as conclusões, próprias ou alheias, com as evidências, avaliando a plausibilidade dessas conclusões.”(SILVA, 2008, p. 332-333)

Conforme mencionado nessa seção, o estudo de Silva (2008) não enfocou as práticas epistêmicas, mas sim as denominadas operações epistêmicas. Ela analisou nas salas investigadas como os professores, por meio de suas ações e discursos, promovem um ambiente de aprendizagem propício à manifestação das práticas epistêmicas. Em sua análise, Silva evidencia que um dos educadores é mais efetivo na promoção de atividades de produção, comunicação e avaliação do conhecimento por parte dos estudantes. Isso foi atribuído tanto ao fato de que esse educador promoveu mais aulas práticas, quanto à organização de suas aulas que permitiu a maior participação dos alunos nas discussões.

QUADRO1

Práticas epistêmicas de acordo com sua conexão com o conhecimento (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2008)

Prática social em relação com o conhecimento	Práticas epistêmicas gerais	Práticas epistêmicas (específicas)
Produção	<ul style="list-style-type: none"> - Articulando o próprio conhecimento - Dando sentido aos padrões de dados 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitorando o progresso - Realizando planejamento de investigações - Usando conceitos para planejar e executar ações (por exemplo no laboratório) - Articulando conhecimento técnico e conceitual - Construindo significados - Considerando diferentes fontes de dados - Construindo dados
Comunicação	<ul style="list-style-type: none"> - Interpretar e construir as representações - Produzir relações - Persuadir os outros membros da comunidade 	<ul style="list-style-type: none"> - Relacionando diferentes linguagens: observacional, representacional, teórica - Transformando dados - Aprendendo a escrever no gênero informativo - Apresentando suas próprias ideias e enfatizando pontos-chave - Negociando explicações
Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> - Coordenar teoria e evidência (argumentação) - Contrastar as conclusões (próprias ou alheias) com as evidências (avaliar a plausibilidade) 	<ul style="list-style-type: none"> - Distinguindo conclusões de evidências - Usando dados para avaliação de teorias - Usando conceitos para interpretação dos dados - Olhando dados de diferentes perspectivas - Recorrendo a consistência com outros conhecimentos - Justificando as próprias conclusões - Criticando declarações de outros - Usando conceitos para configurar anomalias

Fonte: JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2008

De posse dos dados coletados nas aulas desse educador, Araújo (2008) promoveu uma pesquisa de mestrado que analisou o tempo e as práticas epistêmicas dos estudantes nas aulas práticas. Nesse estudo, ela analisou a

dinâmica discursiva de nove aulas que aconteceram no laboratório de ciências, considerando dados de um grupo composto por sete alunas.

Para a análise do tempo, Araújo (2008) utilizou um sistema de categorias derivado da estrutura analítica de Mortimer et al (2007) no qual pôde ser verificado os temas abordados, as ações do grupo e os tipos de interações com a professora. A análise das práticas epistêmicas foi iniciada com as categorias propostas por JIMENEZ-ALEIXANDRE et al (2008) apresentadas no quadro 1. Entretanto, o exame preliminar dos dados revelou que essas categorias não eram suficientes, o que exigiu um trabalho de reformulação da matriz que resultou no estabelecimento da proposta apresentada no quadro 2. Esse trabalho de reformulação envolveu um processo iterativo de ir e vir dos dados às categorias e das categorias aos dados, sempre orientados por contribuições advindas da literatura, que permitiu a proposição de novas categorias e reformulação e aprimoramento de outras. Sendo assim, no processo de construção desta ferramenta de análise, foram incluídas na categoria de comunicação do conhecimento uma série de tipos de textos com o objetivo de analisar as operações de textualização empregadas pelos alunos.

De posse dessas categorias, as práticas epistêmicas foram identificadas durante a realização de trabalhos práticos nos quais o grupo investigado trabalhou em conjunto. Em sua investigação, Araújo (2008) identifica e analisa as práticas epistêmicas utilizando a noção de enunciado proposta por Ducrot, considerando como unidade de análise a frase, que não pode ser entendida isolada dos aspectos contextuais e co-textuais que configuram a sua enunciação.

QUADRO 2

Práticas epistêmicas de acordo com a sua conexão com o conhecimento

ATIVIDADES SOCIAIS RELACIONADAS AO CONHECIMENTO	PRÁTICAS EPISTÊMICAS
Produção conhecimento:	do
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Problematizando 2. Elaborando hipóteses 3. Planejando investigação 4. Construindo dados 5. Utilizando conceitos para interpretar dados 6. Articulado conhecimento observacional e conceitual 7. Lidando com situação anômala ou problemática 8. Considerando diferentes fontes de dados 9. Checando entendimento 10. Concluindo
Comunicação conhecimento	do
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Argumentando 2. Narrando 3. Descrevendo 4. Explicando 5. Classificando 6. Exemplificando 7. Definindo 8. Generalizando 9. Apresentando ideias (opiniões) próprias 10. Negociando explicações 11. Usando linguagem representacional 12. Usando analogias e metáforas
Avaliação conhecimento	do
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Complementando ideias 2. Contrapondo ideias 3. Criticando outras declarações 4. Usando dados para avaliar teorias 5. Avaliando a consistência dos dados

Fonte: ARAÚJO (2008)

Na análise discursiva daquele grupo de alunos, foi observado o uso de quase todas as práticas epistêmicas descritas no quadro 2. Não foram observadas apenas as categorias planejar investigações e usar analogias e metáforas. Segundo Araújo (2008), a ausência da prática de planejamento da investigação está associada ao tipo de ambiente de aprendizagem, pois as aulas práticas realizadas não propiciavam o planejamento de procedimentos.

Com a análise das práticas epistêmicas foi possível observar o desenvolvimento das discussões do grupo, identificando por meio da quantidade e do tipo de práticas epistêmicas os diferentes papéis desempenhados por cada integrante (ARAÚJO, 2008, ARAÚJO e MORTIMER, 2009).

Entretanto, Araújo (2008) aponta limitações da ferramenta proposta. Ela destaca que o uso das categorias propostas não é imediato e demanda um alto nível de inferência, sendo necessários processos de validação dos dados por outros pesquisadores. Além disso, ela expõe que no processo de análise foi percebida uma sobreposição das categorias de práticas epistêmicas – produção, comunicação e avaliação do conhecimento – principalmente a prática de comunicação com as outras duas (ARAÚJO, 2008). Esse problema é condizente com as ideias de Vygotsky (1995) que afirma que a linguagem é constitutiva do pensamento verbal, e não é utilizada apenas para comunicar. Em uma situação em que estamos produzindo conhecimento, estamos nos comunicando; quando avaliamos um conhecimento, estamos nos comunicando. Sendo assim, a sobreposição é esperada, mas traz um problema ao pesquisador: como categorizar uma ocorrência num momento em que um grupo de alunos, planejando uma investigação (prática epistêmica de produção), descreve um procedimento ou mais procedimentos (prática epistêmica de comunicação) e, ao mesmo tempo, critica as propostas dadas (prática epistêmica de avaliação).

Outro trabalho do grupo de pesquisa “Linguagem e Cognição em sala de aula” que se dedicou ao estudo das práticas epistêmicas foi realizado por Lima-Tavares (2009). Em sua tese de doutorado, ela investigou o discurso argumentativo de alunos do terceiro ano do ensino médio, durante discussões estimuladas por questões polêmicas sobre a teoria sintética da evolução. Na análise dos argumentos, foram usados diferentes instrumentos e uma das dimensões pesquisadas foi a dos movimentos discursivos relacionados às práticas epistêmicas.

Nessa análise, Lima-Tavares (2009) empregou dois instrumentos metodológicos. O primeiro instrumento foi a estrutura analítica para o estudo das práticas epistêmicas proposta por Araújo (2008) que foi utilizado para analisar os momentos em que os alunos faziam afirmações e perguntas que alteravam a dinâmica das aulas. Em uma adaptação da ferramenta proposta, Lima-Tavares (2009) optou por diminuir o número de práticas epistêmicas referentes à categoria de comunicação do conhecimento, retirando as oito

categorias de textualização. Essa decisão foi fundamentada na avaliação de que categorias eram muito gerais e sobrepunham a práticas epistêmicas relacionadas à produção e à avaliação do conhecimento.

O segundo procedimento metodológico foi o desenvolvimento de uma escala de níveis epistêmicos com base no modelo de Kelly e Takao (2002). A nova escala proposta permitiu analisar o processo argumentativo dos estudantes com relação a uma escala hierárquica em termos de maior ou menor grau de abstração com que os conceitos evolutivos eram articulados. Segundo Lima-Tavares (2009 p.47) “Esse grau de abstração variou de um âmbito mais específico, no qual dados eram apresentados, até âmbitos mais gerais, nos quais processos evolutivos gerais eram citados.”

Com relação às práticas epistêmicas, Lima-Tavares (2009) as utiliza na análise das situações argumentativas de três turmas de biologia no ensino médio de dois colégios públicos. As práticas epistêmicas são utilizadas para caracterizar os turnos de fala dos alunos, o que possibilita uma visão acerca da mobilização destas em diferentes momentos das discussões empreendidas. Para Lima-Tavares (2009), a presença das práticas epistêmicas nas situações argumentativas são um importante indício da presença dos processos de construção do conhecimento científico, principalmente em momentos de argumentação que são iniciados por afirmações ou questões propostas pelos alunos.

Como exposto na introdução, são os estudos de Silva (2008), Araújo (2008) e Lima-Tavares (2009) que serviram como ponto inicial desta tese. A convicção de que as práticas epistêmicas se revelavam como um promissor elemento de análise dos processos de construção do conhecimento científico despertaram o interesse do autor desta tese. Esses trabalhos apontavam questões não respondidas ou nem explicitadas que poderiam ser perseguidas como, por exemplo, qual a natureza dessas práticas e como elas são aprendidas ou são desenvolvidos nos processos de ensino aprendizagem de ciências. Nos trabalhos iniciais de Araújo (2008) e Lima-Tavares (2009) e seus posteriores desdobramentos (ARAÚJO e MORTIMER, 2009, LIMA-TAVARES,

2009, LIMA-TAVARES et al, 2009), permaneceu um problema a ser solucionado: como categorizar as práticas epistêmicas de produção, comunicação e avaliação quando se percebe que há uma sobreposição de categorias na análise dos discursos dos alunos em sala de aula? Um novo estudo deve se dedicar à tentativa de esclarecer ou solucionar esse problema.

Além disso, um próximo estudo sobre práticas epistêmicas para trazer maiores contribuições deveria se dedicar a uma situação de ensino de ciências por investigação. Considera-se que as conclusões dos trabalhos anteriores do grupo, ainda que importantes para entender dimensões do aprendizado epistêmico inerentes às aulas práticas e às situações argumentativas, carregam as contradições de um processo de utilização de um construto que não foi desenvolvido para analisar ambientes de aprendizagem cuja dinâmica e estrutura se diferenciam daqueles que promovem atividades investigativas.

Diante das possibilidades apresentadas, a pesquisa que deu origem a esta tese foi desenvolvida como um estudo sobre um ambiente de aprendizagem de ensino de ciências por investigação. Nesse estudo, é encontrada a disposição de enfrentar os problemas que já foram expostos na seção de introdução desta tese. Para tanto, esta pesquisa adotou como um referencial teórico e metodológico a Teoria da Atividade para fomentar um novo olhar sobre o aprendizado epistêmico de estudantes quando engajados em atividades investigativas escolares.

Antes de apresentar a Teoria da Atividade, o que será feito na próxima seção, é importante retomar uma dimensão dos trabalhos anteriores do grupo que contribuiu para análise empreendida nesta tese. Nos trabalhos do grupo, há uma preocupação de caracterizar o discurso que está relacionado ao conteúdo científico da sala de aula como uma forma de conhecer a diversidade de textos que ocorrem nos ambientes discursivos de uma sala de aula, que, segundo Araújo (2009, p.18), “ são materializações linguísticas de discursos textualizadas, com suas estruturas relativamente estáveis, como propôs Bakhtin, disponíveis para serem atualizados nas comunicações no meio social.”

Na análise dos dados desta tese, verifica-se a presença de dois tipos de textos que são utilizados nas interações do grupo investigado, entre si e com os professores: a descrição e o diálogo. Para Bronckart (1999) as descrições se caracterizam por serem compostas por fases que podem ser em uma forma temporal e linear e que se combinam e se encaixam em uma ordem hierárquica e vertical. Mortimer e Scott (2003) definem as descrições como enunciados que se referem a um objeto, ou a fenômeno ou a um sistema, a partir de seus constituintes, suas propriedades ou dos deslocamentos espaço-temporais. Já os diálogos, são segmentos estruturados em turnos da fala que são diretamente assumidos pelos agentes-produtores envolvidos em uma interação verbal.

Outra dimensão da linguagem que foi contemplada nesta tese diz respeito aos argumentos de Halliday (1992), Martin (1992) e Mortimer (2010) que defendem o caráter constitutivo de alguns elementos gramaticais, léxicos ou sintáticos do texto científico ou científico escolar e que apontam que o aprendizado das ciências exige passar pelo domínio ou apropriação da linguagem científica. Entre os elementos que caracterizam a linguagem científica estão a sua natureza estrutural e os recursos linguísticos que apagam as marcas do contexto e que assujeitam os enunciados científicos.

Essas características são o resultado da presença de alguns recursos. Um deles é a nominalização que, em uma metáfora gramatical, consiste na substituição de uma classe ou estrutura gramatical por outra, o que permite expressar os processos e ações por meio de nomes, e não por verbos como acontece na linguagem cotidiana (HALLIDAY, 1992). Outro recurso é o uso da voz passiva que dá um caráter de universalidade aos enunciados científicos.

O domínio e a expressão desses recursos foi utilizado com um dos elementos de análise da atividade do grupo investigado.

1.3. A Teoria da Atividade: Um referencial para estudos sobre práticas epistêmicas

Nesta seção, será apresentado um estudo sobre a Teoria da Atividade, dentro de uma visão mais relacionada aos trabalhos de Alexei Nikolaevich Leontiev (1903 – 1979), psicólogo soviético, discípulo e colega de trabalho de Lev Semonovich Vygotsky (1896- 1934). Em sua carreira acadêmica, Leontiev desenvolveu um sistema de análise do desenvolvimento do psiquismo ou consciência humana. Leontiev (2004) propôs que a consciência e o seu posterior desenvolvimento são dependentes dos modos de vida dos sujeitos, sendo estes determinados pelas relações sociais vivenciadas e pelo lugar que o indivíduo estudado ocupa nestas relações.

A utilização do referencial da Teoria da Atividade como central para a análise dos processos de ensino/aprendizagem em Ciências é fundamentada nos argumentos de Kelly (2005) que demonstram a necessidade de se superar os estudos de natureza construtivista que identificam o sujeito individual como agente epistêmico. Kelly aborda que essa concepção mais tradicional do construtivismo tem sido questionada por estudos em ensino de Ciências que se orientam pelos pressupostos teóricos da psicologia histórico-cultural ou sociocultural. Esses estudos propõem a mudança do sujeito epistêmico de um aprendiz individual para uma comunidade de aprendizes que compartilham práticas socioculturais originadas de uma história comum de atividades.

Essa mudança de foco deve permitir aos pesquisadores perceber o papel dos professores e alunos na construção dos contextos educativos ao longo do tempo (KELLY, 2005 e REVELES et al, 2007). O pesquisador poderá perceber a produção discursiva e os movimentos de utilização, domínio e apropriação de ferramentas⁷, além das práticas que estão envolvidas em situações de aprendizagem e que são significativas para o desenvolvimento de

⁷ A distinção dos conceitos de domínio e apropriação é muito importante para análise dos processos de construção de conhecimentos e de ensino/aprendizagem. Para Wertsch (1998), domínio consiste em saber usar as ferramentas culturais e a apropriação refere-se em tornar próprio e construir modos peculiares de uso das ferramentas.

funções psicológicas. Dessa forma, assume-se que em comunidade e ao longo do tempo os indivíduos em conjunto constroem formas de falar, agir e ser.

Kelly (2005) defende que para o exame dessas situações a Teoria da Atividade se mostra extremamente útil, pois oferece a unidade de análise mais adequada: a atividade humana.

“Um foco sobre a atividade requer a consideração de múltiplos atores, a forma como os seus papéis são posicionados, as normas e expectativas, a mediação dos artefatos e as práticas históricas, locais e socioculturais. Essa unidade de análise também requer que o estudo da situação sobre diferentes dimensões através de sistemática e cuidadosa análise das ações desempenhadas pelos membros de um grupo social.” (KELLY, 2005, p.12).

Sendo assim, as próximas subseções se dedicaram a apresentação dos aspectos históricos e teóricos da Teoria da Atividade, considerada pressuposto teórico e metodológico essencial para esta pesquisa.

1.3.1. As três gerações da Teoria da Atividade

A Teoria da Atividade é um campo teórico e de pesquisas fundado por L.S.Vygotsky, A. N. Leontiev e Alexander Romanovich Luria (1902-1977), no período de 1920 a 1930 (WERTSCH, 1981, ENGSTRÖM E MIETTINEN, 1999). Após a Segunda Guerra Mundial, ela foi principalmente empregada em pesquisas psicológicas que envolviam temas como brincadeiras, aprendizagem, cognição e o desenvolvimento infantil. Essas pesquisas estavam mais restritas ao contexto escolar e/ou instrucional e se dedicavam ao estudo da aquisição da linguagem e ao desenvolvimento da criança em processos instrucionais (ENGSTRÖM E MIETTINEN, 1999, LIBÂNEO, 2004).

Atualmente, essa abordagem tem sido utilizada por um grande número de estudiosos de diferentes nacionalidades e com diferentes objetos de pesquisa e/ou interesse, referenciando pesquisas psicológicas, educacionais, antropológicas, sociológicas, linguísticas ou em filosofia (DUARTE, 2002). Essa ampliação de fronteiras tem permitido que as pesquisas relacionadas à Teoria da Atividade englobem tópicos como o desenvolvimento das atividades de trabalho e também como as novas ferramentas culturais. Neste último tópico,

chama-se a atenção para como as tecnologias de informação e comunicação têm transformado a consciência humana (ENGESTRÖM E MIETTINEN, 1999).

Yrjö Engeström, considerado como principal disseminador/divulgador da Teoria da Atividade na atualidade (ROTH, 2004), apresenta a história da teoria dividindo-a em três gerações de pesquisa (ENGESTRÖM, 2001). Destaca-se que essa divisão em três gerações não deve ser entendida como reconstrução histórica linear da Teoria da Atividade. Ela consiste apenas em uma apresentação didática sobre as origens dessa abordagem teórica nos trabalhos revolucionários de Vygotsky, as contribuições de Leontiev para o desenvolvimento da teoria e o seu posterior emprego em estudos mais recentes.

A primeira geração da Teoria da Atividade está relacionada a Vygotsky e à criação do conceito de mediação⁸. Vygotsky estava particularmente empenhado em desenvolver uma teoria psicológica comprometida com o Marxismo e que superasse as limitações dos esquemas do behaviorismo e da psicanálise. Ele afirmava que ambos excluía a atividade humana, processo dinâmico que propicia ao sujeito ativo vivenciar e agir sobre o mundo material externo (KAWASAKI, 2008). Nesse sentido, o processo de mediação é apresentado como a forma que o indivíduo atua sobre o mundo, respondendo e modificando as condições do ambiente. Essa ação dos sujeitos não se caracteriza por uma ligação direta com os processos naturais, ela requer elos intermediários, um artefato – um instrumento, ferramenta material ou signo - que quando utilizados agem também sobre o indivíduo (VILLANI, 2007 e KAWASAKI, 2008).

A segunda geração seria representada pelos trabalhos de Leontiev. Esse teórico sistematizou a estrutura da atividade humana em diferentes níveis denominados de atividade, ações e operações e explicitou os processos que envolvem as transformações entre os níveis propostos propiciando uma explicação para o desenvolvimento dinâmico da consciência. Duarte (2002)

⁸ O conceito de mediação será retomado na seção que apresenta as características fundamentais da TA.

destaca que, além da contribuição que estabeleceu a relação entre a estrutura objetiva da atividade humana e a estrutura subjetiva da consciência, Leontiev trouxe dois outros subsídios para a teoria marxista: primeiro, um avanço na análise das relações complexas entre indivíduo e sociedade e, em segundo, um aporte teórico-metodológico para análise dos processos de alienação produzidos pelas atividades humanas.

A terceira e atual geração abrange os estudos que conferiram o caráter multidisciplinar e internacional da Teoria da Atividade. Segundo Libâneo (2004, p.9):

“Os estudos teóricos recentes da Teoria da Atividade têm realçado temas como a atividade situada em contextos, a participação como condição de compreensão na prática (como aprendizagem), identidade, papel das práticas institucionalizadas nos motivos dos alunos, a diversidade cultural etc.”

A ampliação dos objetos de estudo exigiu que a teoria enfrentasse questões diversas e dialogasse com diferentes tradições ou perspectivas de pesquisa. Para Kawasaki (2008), a expansão de aplicações, interesses, objetos e vozes resultou em múltiplas linhas evolutivas que dificultam uma caracterização geral dessa geração. Ela sinaliza que, se há um ponto em comum desses trabalhos da terceira geração, é que muitos se inspiram nos estudos de Yrjö Engeström e colaboradores, mas ressaltando que nesta geração devem ser incluídos os trabalhos que se desenvolvem fundamentando-se nas contribuições de Leontiev e Lev Vigotski.

Analisando artigos apresentados na seção sobre a Teoria da Atividade na American Educational Research Association (AERA) de 2001, Roth (2004) encontra um ponto em comum nos interesses de trabalhos diversos. Ele identifica que os trabalhos apresentados se mostram preocupados com as transformações das pessoas e sua comunidade, que resultam do fato de que os seres humanos não se limitam a reagir às suas condições de vida, mas que têm o poder de agir e, portanto, o poder de mudar as condições que medeiam as suas atividades.

Roth (2004) ainda destaca que alguns autores de origem anglo-saxônica têm utilizado a Teoria da Atividade abstraindo conceitos-chave do Marxismo,

que lhe são essenciais. Essas re-interpretações têm produzido pesquisas pouco consistentes e que podem conduzir a conclusões equivocadas. A seguir, na próxima seção, serão apresentados alguns dos fundamentos da teoria marxista que norteiam a Teoria da Atividade.

1.3.2. Pressupostos Marxistas da Teoria da Atividade

As bases da psicologia soviética estão fundamentadas nos pressupostos filosóficos do Marxismo e do Leninismo. Esses princípios advindos das obras de Karl Marx (1818- 1883) e Frederich Engels (1820-1895) não foram e não são aceitos e interpretados da mesma forma por todos os psicólogos soviéticos, estando sujeitos a variações sócio-históricas, disputas e interesses políticos⁹. Entretanto se constituem em pressupostos paradigmáticos¹⁰ que conduzem à centralização e que justificam tomar a “psicologia soviética” como uma entidade mais unificada do que outras tradições de estudos psicológicos como a “psicologia ocidental”.

A presença e o compromisso com esses pressupostos podem ser encontrados nos livros de L.S. Vygotsky e de seus discípulos e colaboradores principais, como Alexander Romanovich Luria (1902-1977) e Alexis N. Leontiev.

Luria (1994, p.22) descreve assim o início dessa parceria, em 1924:

“Quando Vygotsky chegou a Moscou, eu ainda estava realizando estudos pelo método motor combinado com Leontiev, que havia sido discípulo de Chelpanov, a quem me associei desde então. Reconhecendo as habilidades pouco comuns de Vygotsky, Leontiev e eu ficamos encantados quando se tornou possível incluí-lo em nosso grupo de

⁹ São muitos os exemplos históricos de perseguições políticas e ideológicas na União Soviética do século XX. Essa perseguição atingiu ao grupo formado por Vygostky. Existem versões diferentes para a desintegração do grupo de alunos e colegas de Vygotsky, em comum essas histórias explicitam ataques de artigos críticos em revistas de psicologia e pedagogia acompanhadas por informações veladas sobre os interesses envolvidos nesses ataques (van der Veer e Valsiner, 2001). Zinchenko (1998) destaca que a atmosfera ideológica em Moscou era insuportável e ameaçadora à vida, o que impôs a saída de Leontiev para a Kharkov, o que inclusive resultou em uma linha de pesquisa específica.

¹⁰ O paradigma, de acordo com Kuhn, pode ser caracterizado como um conjunto de suposições teóricas gerais e de leis e técnicas que são adotadas por uma cultura científica específica (Chalmers, 1983).

trabalho, que chamávamos de “troika”. Com Vygotsky como líder reconhecido, empreendemos uma revisão crítica da história e da situação da psicologia na Rússia e no resto do mundo. Nosso propósito, superambicioso como tudo na época, era criar um novo modo, mais abrangente, de estudar os processos psicológicos.”

A época mencionada por Luria é marcada pela ativa produção intelectual de diferentes estudiosos dos mais díspares campos do conhecimento que pretendiam trazer contribuições para a consolidação da sociedade e do estado soviético. Neste contexto, tão imerso e repleto de desafios sociais e políticos, Vygotsky e seus colaboradores se empenharam em reformular a teoria psicológica tendo como ponto de partida a teoria marxista (MARTINS , 2005).

Nesta empreitada, a troika vygotskyana (Vygotsky, Leontiev e Luria) identifica que os textos de Marx e Engels fornecem certos problemas filosóficos que fomentam boas questões de pesquisa. Essas questões permitiram estudos teóricos e experimentais que lançaram as bases para o desenvolvimento da Teoria da Atividade.

Entre os pressupostos marxistas adotados pelos fundadores da Teoria da Atividade destaca-se a necessidade da inclusão da atividade humana como elemento fundamental na estrutura teórica (WERTSCH, 1981). Essa concepção marxista se origina nos debates filosóficos de Marx e Engels sobre a natureza do gênero humano – se biológica, se social – e sobre a realidade – se objetiva, se subjetiva. Esses pensadores se destacavam por uma abordagem alternativa que teve como ponto de partida as diferenças entre a atividade humana e a atividade animal (KAWASAKI, 2008).

Na obra “Dialética da Natureza”, Engels (1976) afirmava que as ciências naturais e a filosofia negligenciavam o papel da atividade humana sobre o seu pensamento. Para ele, na medida em que o ser humano alterou a natureza, propiciou condições ou bases para a alteração do pensamento humano e o desenvolvimento da inteligência. Leontiev (2004) se orienta pelos argumentos de Engels e propõe que o trabalho e o uso, bem como a fabricação de ferramentas estabelece a cisão elementar entre o gênero humano e os outros primatas, processo que é identificado de “hominização” dos antepassados animais do homem. Sendo assim, o entendimento das diferenças entre as

atividades dos animais que são regidas pela evolução biológica e pela necessidade imediata de sobrevivência, assim como a atividade humana que é submetida ao desenvolvimento sócio-histórico e mediada por ferramentas é considerada a chave-mestra para a compreensão da consciência humana. Na obra “O desenvolvimento do Psiquismo”, Leontiev se apóia nas relações de trabalho e no uso dos instrumentos pelos humanos para sustentar a sua explicação para o desenvolvimento da consciência.

Em um dos seus escritos, denominado Teses sobre Feuerbach, publicado por Engels em 1888, como apêndice do livro “Ludwig Feuerbach e o Fim da Filosofia Alemã Clássica”, Karl Marx critica todo pensamento materialista precedente ao seu materialismo dialético. Na primeira tese, ele afirma que as outras correntes materialistas concebem as coisas e a realidade sob a forma de objeto ou da contemplação, mas não como atividade sensível humana, práxis. Leontiev (citado por Wertsch, 1981) enfatiza que esse defeito, destacado por Marx, propicia que as correntes materialistas anteriores entendam a consciência emergindo como resultado do objeto sobre o sujeito da cognição, estabelecendo uma separação entre a consciência e a atividade sensorial e, por consequência, entre as formas de vida e suas conexões com o mundo circundante.

Marx (1987) afirma que isso permitiu que a práxis tivesse sido estudada pelo idealismo de forma abstrata. Esse estudo resultou em uma distorção, já que essa corrente filosófica não conheceria a atividade sensível e real. Na segunda e terceira tese sobre Feuerbach, Marx ressalta

“A questão de saber se ao pensamento humano pertence a verdade objectiva não é uma questão da teoria, mas uma questão *prática*. É na práxis que o ser humano tem de comprovar a verdade, isto é, a realidade e o poder, o carácter terreno do seu pensamento. A disputa sobre a realidade ou não realidade de um pensamento que se isola da práxis é uma questão puramente *escolástica*.”

A doutrina materialista de que os seres humanos são produtos das circunstâncias e da educação, [de que] seres humanos transformados são, portanto, produtos de outras circunstâncias e de uma educação mudada, esquece que as circunstâncias são transformadas precisamente pelos seres humanos e que o educador tem ele próprio de ser educado.” (Marx, 1987).

Segundo Engeström e Miettinen (1999), Marx, com essas teses, discorda do materialismo mecanicista, por este eliminar a agência humana, assim como do idealismo que a coloca na mente ou na alma do indivíduo. Ele estabelece que em ambos estão ausentes o conceito de atividade humana que supera e transcende o dualismo entre o sujeito individual e as circunstâncias sociais objetivas. Além disso, Marx evidencia que o conceito de atividade propicia um novo entendimento para as mudanças ou transformações. As mudanças não estariam restritas às influências externas e/ou subjetivas, estando também potencialmente embebidas nas atividades práticas do cotidiano.

Comprometidos com esse conjunto de pressupostos teóricos de Marx e Engels, os psicólogos soviéticos se distanciam da visão de sujeitos passivos que recebem dados e informações dos ambientes físicos e/ou social. A trioka vygostkyana se preocupa com sujeitos ativos que estabelecem o conhecimento da realidade material preexistente em suas interações com o mundo material e com os outros humanos (WERSTCH, 1981). Para esse tipo de objeto de pesquisa, estabelecem a atividade, como uma unidade de análise que se preocupa com o indivíduo e seu ambiente, que não é dado, mas construído e definido culturalmente (WERTSCH 1981). Para Vygostky, na atividade prática humana, cuja expressão maior é o trabalho, ocorre o surgimento da consciência que é um aspecto da atividade laboral (LIBANEO, 2004).

Dessa forma, a Teoria da Atividade deu origem a um método que procura compreender como a atividade humana se estrutura a partir de condições históricas para, posteriormente, usar essa estrutura para pôr em evidência as particularidades psicológicas da consciência humana (LEONTIEV, 2004).

1.3.3. Características da Teoria da Atividade

No livro *“Concept of Activity in Soviet Psychology”*, organizado por James Wertsch e publicado em 1981, o autor, no capítulo inicial, se dedica a apresentar e esclarecer para a comunidade anglo-saxônica os elementos filosóficos, teóricos, epistemológicos e históricos da Teoria da Atividade. Para Wertsch, esse esclarecimento poderia dirimir dúvidas, questionamentos,

frustrações e estranhamentos dos pesquisadores ocidentais com relação aos estudos e contribuições da psicologia soviética. No início da década de 80, o contato com as obras psicológicas era incipiente, contando com os obstáculos das dificuldades de tradução do russo para as outras línguas europeias ou, ainda, com as interpretações equivocadas dos pressupostos fundamentais que constituíam as bases dos estudos da Psicologia Soviética.

Wertsch escolheu seis características que definiriam a Teoria da Atividade em uma tentativa de elucidar suas contribuições para os estudos psicológicos.

A primeira característica apresentada é que a **atividade** pode ser analisada em diferentes níveis. Uma atividade pode ser investigada em três níveis de análise que são definidos por critérios diferenciados: atividades, ações e operações. As atividades são definidas como “...processos psicologicamente caracterizados por aquilo a que o processo como um todo, se dirige, (seu objeto), coincidindo sempre com o objetivo que estimula o sujeito a executar esta atividade, isto é, o motivo” (Leontiev, 1994 p.68). As **ações** são processos cujo motivo não coincide com seu objetivo, mas reside na atividade da qual faz parte. As **operações** são modos pelos quais se executa uma ação. Esses modos não são idênticos à ação, sendo que uma mesma ação pode ser realizada por diferentes operações e que ações diferentes podem conter operações similares (LEONTIEV, 1994).

Para exemplificar as categorias de atividade, ação e operações, Leontiev (1994), em sua obra, descreve uma situação em que um estudante utiliza o livro de história como objeto de estudo para seu exame. No caso do estudo do livro ser imprescindível para o sucesso na avaliação, a preparação para o exame pode ser considerada a atividade e a leitura do livro, a ação. O modo como esse livro é lido, isto é, se o aluno faz marcações no texto ou produz um resumo, seriam consideradas as operações.

Esses três níveis de análise permitem ao investigador perscrutar um segmento do comportamento sob vários pontos de vista. Além disso, essa divisão hierárquica propicia entender os processos de transformação e desenvolvimento da consciência na medida em que se percebe um dinamismo

na estrutura da atividade humana. Afinal, como identifica Kawasaki (2008, p.107): “uma vez ação, nem sempre ação”, pois, conforme destaca Leontiev (1994, 2004), uma ação envolvida em uma atividade pode ser considerada em outra situação uma atividade, e ações podem ser transformadas em operações dependendo do contexto. Essa possibilidade de transição permitiria acompanhar a gênese e o desaparecimento de habilidades, hábitos e funções psicológicas nos diferentes estágios do desenvolvimento humano (LEONTIEV, 2004).

Na próxima seção deste capítulo, será feita uma descrição mais apurada dos níveis da atividade e dos processos de transição entre eles. Essa exposição se faz necessária considerando que a divisão hierárquica e os mecanismos de transformação dos níveis da atividade são pontos essenciais da análise proposta nesta tese.

A segunda característica apresentada pela Teoria da Atividade é que as ações de indivíduos e de grupos estão sempre orientadas por metas (objetivos). Os psicólogos soviéticos, zelosos do princípio marxista, segundo o qual a habilidade de formular e realizar objetivos conscientes é um traço que distingue humanos de outros animais, destacam que essa habilidade é fulcral para a compreensão do desenvolvimento do psiquismo humano (WERTSCH, 1981).

Leontiev (1994, p.72) afirma que:

”Para que uma ação surja, é necessário que o seu objetivo seja percebido em sua relação com o motivo da atividade da qual ela faz parte. Sendo assim, o objetivo de uma ação pode ser percebido de forma diferente, dependendo de qual é o motivo que surge precisamente em conexão com ele. Assim, o sentido da ação também muda para o sujeito.(...) Dependendo de que atividade a ação faz parte, ação terá outro caráter psicológico. Esta é uma lei básica do desenvolvimento do processo das ações.”

Leontiev (1994) ilustra esse argumento apresentando o seguinte exemplo: considere que uma criança está envolvida na resolução de um problema presente na lição de casa. Em princípio, parece ser claro que a criança tem consciência de que o objetivo da ação é descobrir a resposta requerida e escrevê-la, sendo sua ação dirigida para tal fim. Entretanto,

considerando todas as possibilidades que estariam relacionadas a esse fato corriqueiro, pode-se especular ou atribuir diferentes sentidos à ação da criança. Assim, para a criança o fazer a lição pode ter como objetivos: aprender a matéria da lição, ou não aborrecer seus pais ou professor, ou ainda terminar para poder ir brincar com os seus colegas. Com isso, tem-se que uma mesma ação com o mesmo propósito. Solucionar o problema dado pode ser psicologicamente diferente.

Nesse sentido, os psicólogos soviéticos criticam os estudos empíricos da Psicologia Ocidental que investigam aspectos do comportamento humano sem levar em consideração as situações analisadas e os objetivos que estão em jogo. Além disso, criticam estudos experimentais norte-americanos nos quais os objetivos envolvidos são tão artificiais que os dados produzidos não têm relação nenhuma com os processos psicológicos que seriam realizados em condições naturais (WERSTCH, 1981).

A terceira característica da Teoria da Atividade apresentada por Wertsch (1981) é que a atividade é mediada. Concepção que se origina também na filosofia marxista, nos trabalhos de Marx¹¹ e Engels, que argumentam que o uso de instrumentos ou ferramentas é uma característica específica do trabalho humano.

Leontiev (2004) cita Marx que afirma que um instrumento é uma coisa ou conjunto de coisas que se interpõe entre o homem e o objeto do seu trabalho e que serve como condutor da atividade. Engels¹² (1976) afirma que o andar ereto permitiu a distinção entre o macaco e o homem com conseqüente especialização da mão humana. Essa especialização da mão, tornando-se

¹¹ Em O Capital Marx afirma que “uso e a fabricação de meios de trabalho, embora em germe em certas espécies animais, caracterizam o processo especificamente humano de trabalho e Franklin define o homem como “a *toolmaking* animal”, um animal que faz instrumentos de trabalho.”

¹² Destaca-se que a análise evolutiva proposta por Friedrich Engels na obra a Dialética da Natureza, escrita entre 1873 e 1883, não resiste as mais recentes teorias e evidências de estudos sobre a Evolução Humana (VAN DER VEER e VALSINER, 2001). A interpretação de Engels e por conseqüência de Leontiev sobre o processo evolutivo da espécie tem um caráter teleológico, atribuindo as diferenciações entre os animais e seres humanos serem dirigidas a uma finalidade.

ferramenta/instrumento, atingiu seu grau de sofisticação pelo trabalho, permitindo ao homem transformar, reagir à natureza e produzir novas ferramentas.

Destacando a ideia da fabricação dos instrumentos e o seu papel na gênese do ser humano, impõe-se à psicologia marxista explicar como o uso de instrumentos e o trabalho teriam influenciado os processos mentais humanos (VAN DER VEER e VALSINER, 2001). Esse desafio pode ser considerado um dos pontos para o desenvolvimento do conceito de mediação por Vygotsky. Esse conceito permitiria a Vygotsky propor que as funções psicológicas superiores e a ação humana estão mediadas por ferramentas (ferramentas técnicas) e por signos (ferramentas psicológicas) (WERTSCH, 1992).

Além disso, o conceito de mediação permitia a Vygotsky superar as posições behavioristas e as da psicanálise que apresentam diferenças significativas da psicologia marxista que estava sendo proposta. Essas psicologias não marxistas compartilham de uma concepção similar sobre as relações entre a mente, o comportamento humano e o mundo material, segundo a qual existe uma oposição entre mundo externo e motivação (KAWASAKI, 2008). Essa concepção estabelecia um esquema de análise estático dividido em duas partes: a influência sobre o sistema sensorial do sujeito → exige uma resposta objetiva ou subjetiva evocada por essa influência (LEONTIEV, 1981). No caso do behaviorismo, o corpo é controlado de fora para dentro, em ligação direta entre o estímulo “S” e a resposta “R” (ENGSTRÖM, 2001). A psicanálise entende que o controle é de dentro para fora, isto é, a subjetividade determina o comportamento do sujeito (KAWASAKY, 2008).

A ideia de mediação de Vygotsky transcende as limitações dessas vertentes da psicologia, pois traz a concepção de que os humanos podem controlar o seu comportamento de fora para dentro, usando e criando artefatos culturais (ENGSTRÖM, 1999). A ideia é apresentada por um triângulo que expressa as relações entre sujeito, objeto e um elo intermediário, conforme representado na figura 1.

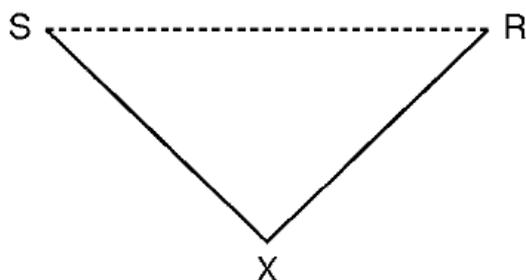


Figura 1: Modelo de ação mediada proposto por Vygotsky (ENGESTRÖM, 2001)

Kawasaki (2008) descreve o modelo de ação mediada informando que X é um elo intermediário que estabelece um estímulo de segunda ordem que cria uma nova relação entre o estímulo (S) e a resposta (R), uma relação mediada. A presença desse elo identificaria as funções psicológicas superiores que estão relacionadas à criação de estímulos artificiais (VYGOSTKY, 2000), isto é, ao uso, construção e reconstrução de ferramentas e signos. Para Vygotsky, o estabelecimento da relação de mediação implica no engajamento ativo do sujeito e que o mediador tem ação reversa, agindo sobre o sujeito.

Wertsch (1981) afirma que o trabalho de Vygotsky se fundamentava na noção de que os seres humanos utilizam um sistema de signos para regular as atividades psicológicas que envolvem a sua autorregulação e a coordenação da sua relação com os outros. Na Teoria da atividade, o modelo de Vygotsky é desenvolvido com a presença do artefato mediador¹³, como o elo intermediário entre o sujeito e o objeto (FIGURA 2).



Figura.2: Modelo de ação mediada reformulado pela Teoria da Atividade

¹³ Zinchenko (1995) estabelece a questão da mediação como a principal diferença entre a psicologia histórico-cultural identificada como a linha de estudos mais fiel a Vygotsky e a Teoria da Atividade, estabelecida por Leontiev. Ele afirma que para Vygotsky a consciência era mediada pela cultura, para Leontiev, a mente e a consciência eram mediadas por ferramentas e objetos.

Para Kawasaki (2008, p.104), essa substituição se deve ao fato de que signos e instrumentos

“...a partir do entendimento de mediação, deixam de ser somente produtos (materiais ou não), mas passam a ser entendidos também como meios culturais pelos quais indivíduos agem na estrutura social, material e psicológica. Assim, seres humanos, suas atividades e os artefatos – que os seres humanos criam – desenvolvem-se mutuamente, na transformação de si mesmo (homens), através da transformação de suas atividades que, por sua vez, transformam-se através do desenvolvimento de novos artefatos.”

Engeström (2001) denota que a inserção de artefatos culturais nas ações humanas supera a separação cartesiana entre indivíduo e estrutura social intocável. A compreensão do indivíduo envolve a compreensão do seu meio cultural e da sociedade e da forma como este utiliza e produz artefatos. Essa visão concebe os objetos como entidades culturais e a ação orientada sobre os mesmos se torna uma das chaves para o entendimento da psique humana.

A quarta característica levantada é a ênfase na explicação genética ou desenvolvimental. Essa perspectiva de análise é bastante cara aos psicólogos da escola vygotskyana. Eles argumentam que a melhor explicação do processo mental humano não deve se limitar a sua descrição, mas deve abranger um estudo amplo que permita perscrutar a sua origem e posterior desenvolvimento (WERTSCH, 1981 e 1988). Na sua proposta de análise genética, Vygotsky e seus seguidores apresentam que os estudos psicológicos devem incluir o domínio filogenético, o domínio histórico-cultural, o domínio ontogenético e o domínio microgenético. O estudo desses domínios que contam com um conjunto de diferentes princípios explanatórios permitiria um entendimento adequado do funcionamento mental humano (WERTSCH e TULVISTE, 2002).

Na descrição apresentada por Wertsch (1988 e 1991), o domínio filogenético abrange estudos que investigam as origens evolutivas do surgimento das funções psicológicas que aproximam e distinguem humanos dos outros primatas. O domínio histórico cultural contribui na compreensão da relação entre o desenvolvimento do comportamento ao longo da história da humanidade e das transformações sócio-culturais. Ele se caracteriza por

estudos que analisam o aparecimento, o uso e a evolução das ferramentas psicológicas (ou artefatos mediadores) e o papel destes nos processos de mediação.

O domínio ontogenético é descrito como o mais acessível ao investigador e sobre o qual se concentrou a maior parte dos estudos de Vygotsky e seus seguidores. Esse domínio é caracterizado por estudos que descrevem e analisam o desenvolvimento mental do ser humano na vida cotidiana e nas situações formais e informais de aprendizagem. Por último, o domínio microgenético engloba investigações sobre processos psicológicos que se desenvolvem em um indivíduo em um curto espaço de tempo (WERTSCH 1981 e 1988).

A quinta característica da Teoria da Atividade apresentada por Wertsch (1981) se preocupa com os processos de interação social. Para os psicólogos soviéticos, a atividade humana é de natureza social e os significados que são mediados têm sua origem e desenvolvimento no seio de processos interativos. Entre os vários trabalhos dos psicólogos soviéticos destacam-se estudos em que são examinadas as funções psicológicas de crianças como memória, pensamento e atenção que são entendidas como atividades mentais que emergem da interação entre crianças e adultos.

O entendimento da importância da interação social como essencial ao procedimento de desenvolvimento das funções psicológicas superiores está diretamente relacionada à sexta e à última característica da Teoria da Atividade proposta por Wertsch que é o processo de internalização. Os psicólogos soviéticos da tradição vygotskyana argumentam que as funções psicológicas superiores se realizam primeiro no plano intermental (interpsicológico) e depois no plano intramental (intrapsicológico), seguindo “a lei genética de desenvolvimento cultural” postulada por Vygotsky (1981, p.163):

“Qualquer função, presente no desenvolvimento cultural da criança, aparece duas vezes e em dois planos distintos. Em primeiro aparece no plano social, para depois aparecer no plano psicológico. No princípio, aparece como entre as pessoas como uma categoria interpsicológica, para depois aparecer na criança como uma categoria intrapsicológica. (...)”

As relações sociais ou relações entre as pessoas subjazem geneticamente a todas as funções superiores e suas relações.”

A realização de uma função psicológica no plano intermental ou social se caracteriza pela incapacidade do sujeito executá-la individualmente por não possuir habilidades e/ou os modos de medição exigidos por tal processo mental. Entretanto, o indivíduo pode encontrar no outro a ajuda necessária para a realização e desenvolvimento da função psicológica em questão (WERTSCH, 1981). Essa ajuda se dá em atividades mediadas pela linguagem e outros recursos semióticos que envolvem o engajamento dos indivíduos em processos interativos que permitem o compartilhamento de ferramentas culturais, concepções e visões resultantes da evolução sócio-histórica de uma comunidade específica.

Para Smolka (2000, p. 26-27)¹⁴ pode-se definir a

“ (...) *internalização* como um construto teórico central no âmbito da perspectiva histórico-cultural, que se refere ao processo de desenvolvimento e aprendizagem humana como *incorporação* da cultura, como *domínio* dos modos culturais de agir, pensar, de se relacionar com outros, consigo mesmo, e que aparece como contrário a uma perspectiva naturalista ou inatista.”

Seguindo a tradição marxista essa incorporação e domínio não podem ser entendidos como um processo em que se pode supor que as propriedades dos processos sociais são simplesmente transferidas do plano intermental para o plano intramental. A internalização é o processo pelo qual o plano interno, e por consequência as funções psicológicas superiores, como a consciência, são produzidas nas atividades humanas em um processo dialético entre humanidade e natureza (LEONTIEV, 1981).

Nesse sentido, os trabalhos de Leontiev se preocupam em estabelecer e ou fundamentar estudos genéticos que permitam compreender como em

¹⁴ No artigo citado acima Smolka (2000) explicita uma discussão na qual defende que o termo internalização não é o mais adequado para representar o processo de desenvolvimento do plano intramental, pois sugere uma oposição entre o interno e o externo, oposição inexistente em toda teoria vygotskyana. Dessa maneira, para superar essa distorção que o termo internalização pode gerar é sugerida a utilização do conceito de apropriação, que remete a um processo dialógico de incorporação de significados culturais.

atividades sociais dirigidas por objetivos conscientes mediadas por ferramentas culturais ocorre o desenvolvimento da consciência humana.

1.3.4. Leontiev e a estrutura da atividade humana

Os trabalhos de Alexis N. Leontiev apresentam elementos teóricos e metodológicos para estudos sobre o desenvolvimento do psiquismo humano. Em sua obra, ele se mostra interessado no estudo das diversas condições que engendram essa forma superior do psiquismo que é a consciência humana.

No processo de construção de sua teoria, Leontiev resgata ideias de Engels sobre o processo de hominização dos antepassados humanos, assumindo que tal processo foi moldado pelo trabalho. O trabalho é visto como condição primeira e fundamental para o desenvolvimento da consciência humana, sendo caracterizado por dois elementos interdependentes: pelo uso e fabricação de instrumentos e por ser realizado em condições coletivas. Dessa forma, o trabalho propicia aos seres humanos entrar em uma relação determinada pela natureza e também por outros seres humanos, o que permite a Leontiev (2004, p. 80) postular que: “O trabalho é, portanto, desde a origem, um processo mediatizado simultaneamente pelo instrumento (em sentido lato) e pela sociedade”.

Leontiev identifica que os outros animais também têm atividade instrumental, mas que os instrumentos usados pelos animais são diferentes dos instrumentos do trabalho humano. Para além de uma utilização menos frequente dos objetos, a atividade instrumental animal se distingue da atividade humana por estar orientada para objetos que podem satisfazer uma necessidade biológica e por ser engendrada por esses objetos. Nesse sentido, o objeto da atividade dos animais sempre coincide com o seu motivo biológico, o que as limita à dimensão instintiva, natural.

Como exemplo, Leontiev (2004) apresenta a atividade da aranha que se desloca guiada pelas vibrações de sua teia para o local em que, supostamente, está preso um animal que lhe servirá de alimento e que deve ser envolvido em fios. Para o aracnídeo, as vibrações da teia estão associadas às propriedades nutritivas da presa. Elas possuem o significado biológico de alimento que foi

estabelecido ao longo de sua evolução biológica. Com isso, substituindo os movimentos de uma presa em uma teia, pelas vibrações de um diapasão, uma aranha pode se lançar sobre o mesmo.

Já a atividade humana se insere em um processo coletivo e determina as relações de comunicação entre os seres humanos que a realizam. O trabalho humano é uma atividade social que depende da colaboração entre os indivíduos o que pode constituir em uma divisão técnica de funções. Nesse processo de trabalho colaborativo se estabelece a diferenciação entre **atividade coletiva e ação individual**.

Para ilustrar esse argumento, Leontiev se volta a um possível cenário que remonta aos humanos pré-históricos, considerando uma forma primitiva da divisão técnica do trabalho relacionada a uma caçada. Na caçada descrita, há indivíduos encarregados de assustar a caça permitindo que o animal caia na armadilha ou na emboscada preparada anteriormente. Na mesma atividade, existem outros indivíduos que são responsáveis por abater a caça. Tomando o batedor como exemplo, a sua função isolada não acarreta diretamente a sua satisfação da necessidade de alimento e/ou vestimenta. Entretanto, o conjunto de todas as ações individuais desempenhadas pelos membros do grupo envolvidos na atividade da caçada propicia a obtenção do objeto, a caça, e, portanto, a satisfação da necessidade, isto é, o motivo.

Essa distinção da atividade humana em níveis hierárquicos permitiu a Leontiev (2004) estabelecer um esquema de categorias para a sua análise: **atividade, ações e operações**. Por meio desse esquema e das relações entre os diferentes níveis hierárquicos que a compõem é proposto um modelo para o entendimento da atividade humana. Estabelece-se a possibilidade de estudar os elementos que compõem a atividade humana e as modificações nessa estrutura que são resultantes da relação dialética entre sociedade e natureza. Com esse método, e partindo do princípio que a consciência humana é o produto subjetivo da atividade dos seres humanos (ASBAHR, 2005), obtém-se um instrumento para os estudos das particularidades psicológicas do psiquismo humano.

No esquema proposto por Leontiev, a atividade é coletiva e definida/determinada pelo motivo (KAWASAKI,2000). O motivo só pode orientar e regular uma atividade se esta corresponde a um objeto (ASBAHR, 2005) o que implica afirmar que não existe atividade sem objeto, sendo que a investigação científica deve explicitá-lo. A explicitação é fundamental, já que diferentes objetos distinguem as diferentes atividades humanas. O objeto da atividade pode emergir de duas formas: primeiro, em sua própria existência e transformando a atividade do sujeito; segundo como uma imagem mental do objeto que contém características que são percebidas pelo sujeito e que o permitem interagir com esse objeto a partir da imagem (MOREIRA e PONTELO, 2009).

As ações são meios para a realização da atividade ou da satisfação do seu motivo; sendo, portanto, processos que estão subordinados à ideia de se atingir um resultado ou um objetivo consciente (LEONTIEV, 1981). Ela se constitui como um processo subordinado, resultado do parcelamento de uma atividade complexa, polifásica, mas única, em diferentes intervenções. Essas diferentes intervenções, ou ações, têm como principal característica estar orientada para um objetivo, que não coincide com o objeto/motivo da atividade. Uma atividade pode conter diferentes ações independentes entre si, ações estas que estão subordinadas a objetivos parciais, mas que devem estar associadas à atividade.

Sendo assim, o entendimento de ação só é pleno quando analisada no contexto da atividade da qual faz parte. Segundo Leontiev (2004), as ações humanas de uma atividade estão conectadas por relações sociais que determinam ligações sociais objetivas. Essa ligação permite postular que existe a possibilidade da reflexão consciente do agente sobre o efeito da sua ação em relação à ação do outro e ao motivo/necessidade da coletividade. As ações só tomam um significado nas condições de trabalho coletivo, pois estas conferem à ação o seu sentido humano e racional.

Asbahr (2005) identifica que ações apresentam o aspecto intencional e operacional da atividade, pois cada ação é constituída por diferentes operações que são os inúmeros procedimentos realizados pelo sujeito para alcançar o

objetivo da ação. As operações estariam relacionadas às condições de realização da ação. Kawasaki (2008) destaca que a distinção entre ação e operação é importante, permitindo que a percepção de uma única ação possa ser realizada em condições materiais e com métodos diferentes. O nível da operação pode ser realizado em um plano não-consciente como em uma rotina mecânica automatizada, por um animal ou por uma máquina (VILLANI, 2007).

1.3.5. As contribuições de Engeström para as pesquisas da Teoria da Atividade

Para Engeström (1987), a caracterização proposta por Leontiev permite propor um modelo (FIGURA 3) para representar o caráter coletivo e social da atividade humana.

Nesse modelo, verifica-se a representação dos aspectos principais da atividade humana que são: produção, troca, distribuição e consumo. Segundo uma perspectiva marxista, a produção se refere à criação de objetos de acordo com as necessidades dadas. A distribuição divide-os segundo as leis sociais. Na troca, permite-se acrescentar parcelas extras às cotas já divididas e, no consumo, o produto se torna um objeto que permite a satisfação do sujeito ou da coletividade. Desse modo, pode-se entender que a produção parece ser o ponto de partida; o consumo, a conclusão; a distribuição e a troca, o meio (MARX, 1973 apud ENGESTROM, 1987).

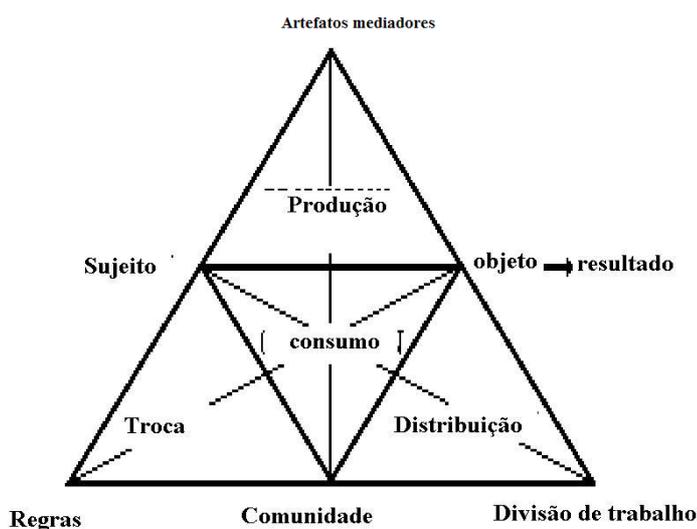


Figura 3: A estrutura da atividade humana segundo Engeström (1987)

Descrito dessa forma, pode parecer que essas relações são bastante simples e diretas. Entretanto, Engeström (1987) afirma que para Marx esses aspectos da atividade humana não são facilmente delimitados.

“A produção é sempre também o consumo de habilidades do indivíduo e dos meios de produção. Correspondentemente, o consumo é também produção do próprio ser humano. Além disso, a distribuição não parece ser apenas uma consequência da produção mas também a sua condição imanente na forma de distribuição dos instrumentos de produção e distribuição de membros da sociedade entre os diferentes tipos de produção. Finalmente, a troca, também, é encontrada dentro de produção, sob a forma de interação, comunicação e troca de produtos inacabados entre os produtores.”

Isso não significa que esses aspectos não apresentam distinções, mas que eles devem ser analisados como uma totalidade, identificando as suas distinções dentro de uma unidade (CEDRO, 2008).

Os outros elementos são definidos da seguinte forma por Cedro (2008, p. 29):

“...o sujeito refere-se ao individual ou aos subgrupos cuja ação é escolhida como ponto de vista na análise. O objeto refere-se à “matéria bruta” ou ao “espaço” em que a atividade é direcionada, moldada e transformada em resultado, com a ajuda do físico e do simbólico, dos instrumentos de mediação externos e internos, incluindo tanto ferramentas como signos. A comunidade compreende múltiplos indivíduos e/ou subgrupos que compartilham o objeto geral e que são construídos como distintos de outras comunidades. As regras referem-se às regulações, normas e convenções (explícitas e implícitas) que limitam ações e interações dentro do sistema atividade. A divisão de trabalho refere-se tanto a divisão horizontal de tarefas entre os membros da comunidade quanto à divisão vertical do poder e do status.”

O modelo de Engeström (1987) será utilizado para descrever e analisar os elementos que compõem o sistema-atividade¹⁵ do ambiente de aprendizagem estudado nesta pesquisa. Entretanto, para a utilização desse modelo, foi necessária uma adaptação e uma redefinição dos elementos internos da atividade para que ficassem mais adequadas para análise da

¹⁵ Segundo Kawasaki (2008) a denominação de sistema-atividade pode denotar uma compreensão de uma atividade vista como um sistema.

atividade de ensino por investigação. Maiores detalhes sobre essa redefinição podem ser encontrados na seção 3.1.

Com essa descrição, pretende-se caracterizar as relações e o contexto desse peculiar ambiente de aprendizagem, qualificado como uma atividade de Ensino por Investigação, de modo a obter elementos para o entendimento dos processos de transformação da atividade ao longo do semestre.

Além da proposição do modelo da atividade humana, Engeström (2001) apresenta cinco princípios que devem orientar e fundamentar os estudos relacionados à Teoria da Atividade. O primeiro princípio é sobre a unidade de análise da investigação que é definida como uma atividade (ou sistema-atividade) construída coletiva e continuamente, mediada por artefatos e orientada para um objeto. Com isso, as ações individuais e operações automatizadas, que são relativamente independentes, só podem e devem ser compreendidas como eventos subordinados e constitutivos da atividade.

O segundo princípio se refere à consideração da multivocalidade presente na atividade. Em uma atividade pode ser percebida a presença de múltiplas vozes que podem revelar múltiplos pontos de vista, tradições e interesses (ENGESTRÖM, 2001, p.136). Essa multivocalidade é resultante tanto da divisão social do trabalho, que determina as posições diferentes dos participantes, quanto das experiências e vivências que são trazidas por cada um dos sujeitos da atividade. Além disso, os artefatos, regras e convenções trazem embutidas histórias e valores que lhe foram impregnados em seus usos em diferentes momentos. Engeström (2001) argumenta que essa multiplicidade de vozes pode ser uma fonte de problemas ou de inovações que exigem ações de tradução e negociação. Para Kawasaki (2008, p. 114), a multivocalidade

“...demanda de nós, sujeitos da atividade, ações no sentido de ‘compreender’ (ou não) as diferentes vozes e, na sequência, negociar (ou não) os diferentes pontos de vista, implementando, dessa maneira, uma dinâmica específica de funcionamento do grupo (negociação de regras e divisão de papéis).”

O terceiro princípio definido por Engeström (2001) é o da historicidade. Esse princípio leva em consideração que uma atividade se desenvolve e se transforma ao longo de um período de tempo e que, portanto, para a

compreensão dos seus problemas e potenciais é necessário um estudo histórico. Esse estudo deve levar em consideração a história da atividade em foco e de seus objetos, bem como da história das ideias teóricas e das ferramentas que a influenciam e a moldam.

O quarto princípio identifica o papel das contradições como elementos de mudança e desenvolvimento da atividade, que não pode e nem deve ser identificada como um sistema estável. Engeström (2001) indica que as contradições não se restringem aos problemas ou aos conflitos, mas que são tensões estruturais internas e externas do sistema-atividade que são acumuladas historicamente. Essas contradições podem gerar distúrbios e conflitos, mas também tentativas de inovação para mudar a atividade.

Por último, o quinto princípio dispõe sobre a possibilidade de transformações expansivas da atividade. Essas transformações têm origem nos questionamentos e desvios das normas estabelecidas realizados por participantes quando são instigados pelos efeitos de contradições internas muito intensas. Em alguns casos, os participantes podem empreender um esforço deliberado, colaborativo e coletivo para a promoção de mudanças. Engeström (2001, p.137) expõe que

“Uma transformação expansiva é realizada quando o objeto e o motivo da atividade são reconceptualizados para contemplar um horizonte de possibilidades radicalmente mais amplo do que no modo anterior da atividade.”

Kawasaki (2008) explica que Engeström, para descrever os processos de transformação, desenvolveu o conceito de ciclo expansivo do desenvolvimento que seria constituído pelos processos de internalização e de externalização. O processo de internalização, tal qual proposto por Vygostky, seria aquele em que o sujeito internaliza conceitos, conhecimentos, valores e significados que são empregados nas suas relações sociais. Já o processo de externalização ressalta o potencial criativo do ser humano que transforma a realidade por meio da criação de novas ferramentas técnicas e psicológicas. Com esses processos, Engeström redefine o conceito de zona de desenvolvimento proximal (ZDP) da atividade como:

“É a distância entre as ações diárias dos indivíduos e novas formas [historicamente construídas] de atividades sociais/sociais que podem ser coletivamente geradas como uma solução para situações contraditórias potencialmente imersas nas ações de todos os dias.” (ENGESTRÖM, 1987, p.184).

As ZDPs são entendidas como espaços de transformação por meio da resolução ou superação das contradições internas da atividade.

1.3.6. A natureza dinâmica da atividade humana

O modelo de Engeström permite evidenciar que a atividade humana é uma formação sistêmica, com movimento interno constante, o que propicia que os componentes da atividade possam se transformar constantemente (ASBAHR, 2005 e VILLANI, 2007). Dessa forma, a distinção entre os diferentes níveis da atividade humana não deve ser vista como estática, cristalizada. Segundo Leontiev (1981, p. 65):

“Uma atividade pode perder o motivo que a inspirou, sendo então convertida em uma ação que pode ter uma relação bem diferente com o mundo, ou seja implementar uma atividade diferente. Reciprocamente, uma ação pode adquirir, uma independência, uma força revigorante e se tornar uma atividade. Finalmente, uma ação pode se transformar em meios para atingir um objetivo (ou seja, em uma operação capaz de acompanhar várias ações).”

Um dos exemplos de transformação destacados por Leontiev (2004) é quando ocorre uma complexificação das operações de trabalho e dos instrumentos que permitem a metamorfose das ações em operações de um tipo novo, denominado de **operações conscientes**. Esse tipo de operações se origina em processos produtivos que exigem um sistema de ações subordinadas umas às outras, um sistema de objetivos conscientes que entram em um processo único, se constituindo em uma ação complexa. Nessa situação, Leontiev (2004, p.110) descreve que

“..o conteúdo que outrora ocupava, na estrutura, o lugar de *fins* conscientes de ações parciais, ocupa doravante na estrutura da ação complexa, o lugar de condições de realização da ação. Isso significa que doravante as operações e ações podem entrar no domínio do consciente.”

Dessa forma, as operações conscientes se desenvolvem como ações, como intervenções dirigidas a um objetivo e, posteriormente, podem se transformar em habilidade.

Um exemplo dado por Leontiev para ilustrar esse processo de modificação é o caso de um atirador iniciante e de um atirador experimentado (LEONTIEV 1994, 2004). Em um exercício com rifle, acertando o alvo, o atirador experiente realiza uma ação bem determinada. Essa ação é caracterizada por diferentes operações que estão relacionadas a certas condições: apresentar uma postura adequada, apontar, mirar, encostar corretamente a arma ao ombro, respirar e pressionar o gatilho.

No caso do atirador experimentado, todos esses processos não se constituem em ações independentes, não existe a distinção dos objetivos parciais na sua consciência. Esse tipo de atirador apresenta em sua consciência um único objetivo: atingir o alvo. Nesse caso, pode se afirmar que ele dominou completamente a habilidade para atirar e as operações necessárias para realizar tal ação.

O atirador iniciante realiza todos os processos de forma independente, como ações. O primeiro passo é aprender a segurar adequadamente o rifle e, tendo esse processo como o seu objetivo, tem-se uma ação. Posteriormente, o novato deverá realizar ações que o permitam aprender a mirar, respirar e pressionar o gatilho.

Somente, quando suficientemente treinado, o atirador pode receber um novo objetivo e atirar no alvo. Então, todos os processos aprendidos anteriormente podem ser considerados como condições para obter tal objetivo, ou seja, podem ser identificados como operações. Nesse processo de aprendizagem, os processos que eram executados conscientemente deixam de se apresentar diretamente na consciência. O atirador passa a controlá-los por suas percepções e, em caso de erro na execução do tiro, pode levá-lo a reflexão sobre em que medidas essas condições o impediram de realizar o seu objetivo com plenitude.

Outro exemplo dado por Leontiev (1997) se refere aos processos mentais no qual é apresentada a soma, como ação ou operação. No primeiro contato de uma criança com a soma em um processo de aprendizagem, o objetivo de todos os processos envolvidos se relaciona ao domínio desse conhecimento matemático. No decurso de tal processo, novos problemas são dados no quais a soma é considerada uma condição necessária para se obter a solução exigida. Nessa situação, ação é a solução do problema e a soma se tornou uma operação, podendo se tornar hábito automático adequadamente desenvolvido.

Outra transformação explicada por Leontiev (2004 e 1997) é da ação em atividade. Ele destaca a importância dessa metamorfose, explicitando que dessa forma surgem as atividades e novas relações com a realidade. Para acontecer essa modificação, o motivo da atividade deve passar para o objeto (o objetivo da ação). Leontiev utiliza outro exemplo para explicar o mecanismo psicológico desse processo: o de um aluno que não consegue se obrigar a fazer suas lições, e que tenta de todas as formas adiar suas atividades e/ou é distraído por coisas externas.

Nesta situação, supõe-se que os pais estabeleçam que a criança não sairá para brincar enquanto não fizer suas lições. Com essa regra, a criança se empenha e realiza suas tarefas. Analisando a situação, pode-se imaginar que a criança queira conscientemente obter uma boa nota e fazer seus deveres. Esses são motivos conscientes, mas são considerados “motivos apenas compreensíveis” (LEONTIEV 1997), isto é, que têm uma origem externa e que têm como função dar estímulo à atividade (ASBHAR, 2005). Já a possibilidade de ter a permissão de sair e brincar pode ser considerada o “motivo realmente eficaz”, ou seja, um motivo que dá sentido pessoal à atividade.

Leontiev (1997, p. 70) postula que “só motivos compreensíveis tornam-se motivos eficazes em certas condições, e é assim que os novos motivos surgem e, por conseguinte, novos tipos de atividade”. Então, ao retomar o exemplo de uma criança que, fazendo sua lição, se revolta e pára de fazê-la por afirmar que com a mesma não obterá boa nota, Leontiev indica que se estabeleceu um novo motivo eficaz para tal atividade. A criança está fazendo a

lição para obter uma boa nota, não como obrigação que lhe foi atribuída por um pai ou professor, mas porque esse resultado se estabelece como uma necessidade pessoal.

Sendo assim, têm-se exemplos e explicações que permitem entender como as diferentes transformações das relações de produção e/ou de socialização acarretam em transformações qualitativas da consciência humana (LEONTIEV, 2004). Como reforçado em diferentes momentos desta seção, a consciência humana depende dos modos de vida. Estudar o psiquismo implica estudar como se formam as relações vitais dos seres humanos nas condições sócio-históricas inseridas em estrutura particular e como tais relações são engendradas.

CAPÍTULO 2 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa. Tais procedimentos se encontram articulados aos propósitos e às perspectivas metodológicas do grupo de pesquisas Linguagem e Cognição em Sala de Aula de Ciências que tem se dedicado a caracterizar a dinâmica discursiva de diferentes salas de aula em diferentes níveis de ensino.

Este trabalho volta-se para o estudo de uma disciplina de um curso de graduação de uma instituição pública federal denominada de Projetos em Bioquímica. A disciplina faz parte de um conjunto de iniciativas de alguns professores do Departamento de Bioquímica e Imunologia que visa superar as limitações encontradas no ensino e nas aulas práticas tradicionais (VIEIRA et al, 2001). A escolha pelo estudo da disciplina se deve ao entendimento de que esta se constitui em um ambiente de aprendizagem que traz uma forma interessante e inovadora de organizar os seus processos de educação científica. Portanto, esse estudo tem como objetivos o entendimento da história, da estrutura e da dinâmica dessa disciplina e a compreensão de como uma atividade investigativa realizada nesse contexto pode contribuir para aprendizagem dos estudantes.

Nesse estudo foi empregada uma metodologia que inclui o exame de dados de sala de aula (MORTIMER e col, 2007), registrados em vídeo, permitindo um trabalho de análise feito diretamente sobre a imagem produzida. Isso permitiu ao pesquisador levar em consideração um conjunto de aspectos que configuram as situações discursivas investigadas, trazendo elementos para a compreensão da linguagem em funcionamento. Acredita-se que essa metodologia permita uma maior compreensão das interações discursivas estudadas propiciando uma aproximação da situação social que engendra os discursos verbais analisados (BRAIT, 2003).

Com o procedimento metodológico, durante um semestre letivo, foram obtidos dados de vídeos e textos de um grupo de alunos de um curso de Ciências Biológicas que desenvolveram um projeto de investigação sobre a propriedade repelente de uma substância de origem vegetal sobre as formigas-

fantasmas. Além disso, foi realizada uma entrevista semiestruturada com um dos professores da disciplina. Esses dados foram analisados à luz dos referenciais teóricos e metodológicos da sociologia das ciências (LATOURE e WOOLGAR, (LATOURE e WOOLGAR 1997, LATOURE, 2000), dos estudos epistemológicos da educação científica (KELLY e DUSCHL, 2002, KELLY, 2005, SANDOVAL, 2005 e DUSCHL, 2008) e da teoria da atividade (LEONTIEV, 2004, ENGESTRÖM, 1987 e 2001).

Para atingir os objetivos desta tese, foram sendo estabelecidas e reformuladas questões de investigação, de forma que na fase final de escrita do trabalho as seguintes questões de pesquisa guiaram o trabalho de investigação: 1) Qual é o projeto de ensino de ciências por investigação da disciplina Projetos em Bioquímica? 2) Como se estrutura e se desenvolve a atividade de ensino por investigação analisada e como essa estrutura e desenvolvimento possibilita o aprendizagem dos alunos? 3) Ao longo da atividade de investigação, como se configuram os processos de tomada de decisão do grupo? 4) Que tipos de operações epistêmicas emergem nas situações de produção e comunicação do conhecimento na atividade de investigação?

Essas questões de pesquisa se constituíram ao longo do trabalho de investigação. Inicialmente, a única questão que nos guiava era a de número 4, mesmo assim como uma questão ligada às práticas epistêmicas, que depois foram definidas como operações epistêmicas para se subordinarem à teoria da atividade, o que está definido no capítulo 3. A questão 3 foi formulada após a constatação de que no trabalho do grupo a tomada de decisão era um importante aspecto que, no entanto, desaparecia dos resultados apresentados no artigo final do grupo. A questão 2 surgiu como possibilidade após termos elegido a Teoria da Atividade como a mais coerente com as atividades de investigação, algo que já estava apontado em certos trabalhos (por exemplo, Kelly 2005), mas que não estava totalmente realizado. E a questão 1 surgiu a partir da qualificação, quando um dos professores questionou qual era o problema de pesquisa que estávamos investigando.

Para as análises dos vídeos, foi utilizado o *software* Transana[®] (www.transana.org), desenvolvido por *Wisconsin Center for Education Research* (WCER). Esse programa tem propiciado a criação de um banco de dados composto por vídeos das aulas e *clips*, o que permite a organização dos dados. Além disso, com o programa foram feitas as transcrições das aulas na íntegra ou de trechos de interesse.

A seguir, serão apresentados os procedimentos adotados na coleta e tratamento de dados e, superficialmente, alguns dos procedimentos da análise. Essa opção de apresentação, que não esmiúça todas as particularidades e detalhes da análise empreendida, se deve ao próprio processo de construção desta pesquisa. Muitos dos procedimentos, a exemplo do que aconteceu com as questões de pesquisa, foram desenvolvidos em um processo **iterativo** de reflexão sobre os dados e com os dados que foram interpretados e reinterpretados de acordo com os diferentes referenciais teóricos que sustentam esta tese. Ressalta-se que, ainda na construção desta metodologia, há uma preocupação em seguir certas premissas que determinam e garantem a qualidade de uma pesquisa de natureza qualitativa (LINCOLN e GUBA, 1985). Para tanto, o pesquisador empregou estratégias como: i) o envolvimento prolongado com o ambiente pesquisado, ii) a triangulação teórica com a utilização de mais de um referencial teórico para análise dos dados e iii) a triangulação de fontes de dados, com o exame de vídeos e de material escrito e também com entrevistas.

Nos capítulos 3 e 4, que são dedicados à análise dos dados, serão apresentadas discussões mais aprofundadas sobre a construção da metodologia empregada.

2.1. O contexto da pesquisa

Como já mencionado, os dados desta pesquisa foram obtidos em uma disciplina de um curso de graduação que se caracteriza por propor trabalhos em que grupos de alunos devem apresentar e executar um projeto de pesquisa que se dedique a uma questão ou a um problema, cuja resolução exige conhecimentos, conceitos e procedimentos relacionados à Bioquímica. No

segundo semestre de 2008, um grupo de alunos teve a sua atividade de investigação acompanhada e filmada pelo pesquisador.

A disciplina, que se originou como uma atividade prática em outra disciplina, atualmente, é oferecida no terceiro período do Curso de Ciências Biológicas de uma universidade pública de Minas Gerais. Isso se deve à reformulação do Projeto Pedagógico do Curso de Ciências Biológicas em 2005, em que houve uma reestruturação das disciplinas de Bioquímica oferecidas no ciclo básico do bacharelado. No segundo período, os alunos de Ciências Biológicas cursam uma disciplina teórica e devem elaborar, como elemento de avaliação, um projeto de pesquisa que será desenvolvido no próximo período, o terceiro, na disciplina Projetos de Bioquímica.

Essa disciplina, foco desta pesquisa, possui carga horária total de 30 horas/aula por semestre com duas horas/aula semanais. Os alunos contam com um laboratório, equipamentos, reagentes e orientação do técnico de laboratório, além da supervisão dos professores responsáveis para elaboração da sua investigação. A disciplina proporciona dois momentos distintos: em sala de aula, os grupos de alunos realizam uma apresentação relatando os avanços e os obstáculos encontrados na condução da investigação. Em outro momento, a aula é realizada em laboratório, no qual cada grupo conduz o seu trabalho de investigação. O laboratório está disponível para os alunos todos os dias da semana em qualquer horário, o que possibilita a realização de etapas que podem extrapolar o tempo destinado à disciplina. Além disso, devido às exigências e especificidades de cada projeto, muitos alunos conduzem etapas de sua investigação em outros laboratórios do Instituto.

Como elementos de avaliação da disciplina são exigidas a elaboração de um artigo científico, a produção de um relatório em que os alunos devem relatar os sucessos e os insucessos do processo de investigação e a realização de uma apresentação do trabalho com o suporte de um pôster para o Departamento de Bioquímica e Imunologia, no último dia de aula.

2.2. Procedimentos de coleta de dados: cadernos de campo, as filmagens, a produção escrita e entrevista.

Antes de iniciar as filmagens das aulas da disciplina, no primeiro semestre de 2008, o pesquisador acompanhou uma turma que cursava a disciplina investigada. Esse contato prévio teve como objetivo familiarizar com a agenda, os espaços e os processos de participação proporcionados pela disciplina. O contato se estendeu por mais dois semestres, que se constitui em um tipo de engajamento prolongado, o que permitiu ao pesquisador um maior envolvimento com a situação estudada.

As filmagens das aulas da disciplina acompanharam dois semestres, o segundo de 2008 e o primeiro de 2009 e, com isso, foram filmadas duas turmas diferentes. Em cada um desses semestres, na primeira aula, o pesquisador foi apresentado pelo professor da disciplina. Logo após, o pesquisador fez uma exposição sobre a sua pesquisa de doutorado, explicitando os objetivos e os procedimentos desta investigação. Foi feita a leitura da carta para obtenção do Termo de Consentimento Esclarecido Livre (ANEXO 1 e 2) e um convite para assinatura por parte dos alunos e professores do documento de liberação e uso dos vídeos para a pesquisa.

No segundo semestre de 2008, foi possível acompanhar e filmar as atividades de um grupo composto por sete alunos cujos nomes fictícios são Ana, Juliana, Débora, Patrícia, Fabiana, Thiago e Juan. O grupo se dedicou a um projeto que investigou a propriedade repelente, primeiro na cebolinha e depois no cravo da Índia, sobre uma espécie de formiga, a formiga-fantasma. Esse grupo se prontificou à cessão das filmagens de sua atividade na terceira aula da disciplina.

Já no primeiro semestre de 2009, não foi possível acompanhar as atividades de investigação de nenhum grupo. Os alunos que se voluntariaram não realizaram as suas ações de investigação no laboratório da disciplina. Mesmo cientes de que o pesquisador estava disposto a acompanhá-los, quando o grupo realizava os experimentos, não o avisava. Apesar disso, a disciplina foi acompanhada pelo pesquisador por todo o semestre, sendo filmadas as aulas de apresentação. Entretanto, devido aos propósitos desta

pesquisa, os dados desse semestre não serão objeto de análise nesta pesquisa.

As filmagens realizadas no segundo semestre de 2008, foram executadas da seguinte maneira: nos momentos em ocorriam as exposições dos trabalhos dos alunos, foram gravadas todas as apresentações dos grupos, as discussões e as intervenções dos alunos e dos professores. Para a realização da gravação, foram utilizadas duas câmeras: uma que focalizou o grupo que fez a apresentação e outra que focalizou os ouvintes (os alunos de outros grupos e os professores).

Nas ocasiões em que aconteceram os trabalhos investigativos, foram filmados e registrados dados referentes ao grupo de alunos, sujeitos dessa pesquisa. Para isso, foram utilizadas duas câmeras: uma fixa, que oferecia uma visão panorâmica do grupo, e outra móvel, operada pelo autor desta tese, que registrava mais de perto as diferentes interações entre os alunos e entre eles e o professor. O áudio do professor e do grupo foi gravado junto com o vídeo, com o uso de um microfone adaptado à câmera móvel. Após a realização das filmagens, os dados coletados foram capturados em formato digital (arquivo com extensão .wmv), possibilitando a utilização do *software Transana* para transcrição e organização dos dados (MORTIMER et al, 2007 e BADDREDINE et al, 2007).

Essa filmagem também propiciou grande engajamento do pesquisador com a situação estudada, a partir do fato de que esses vídeos foram assistidos inúmeras vezes. Isso propiciou um conhecimento consistente acerca dos dados e evidências disponíveis a respeito do desenvolvimento da atividade e do grupo no semestre. Há que se destacar que as filmagens se limitaram aos momentos destinados às aulas, portanto, as ações do grupo que não foram realizadas nesse período não foram registradas. Algumas informações sobre esses períodos extra-classe são obtidas por inferências propiciadas pelos discursos dos alunos.

Além dos vídeos de aula, a pesquisa conta com dados obtidos por meio de anotações em caderno de campo, além do artigo científico, do banner e do relatório de atividades produzidos pelo grupo. As anotações de campo estão

bem imprecisas e lacunares, pois coube ao pesquisador proceder esses registros e operar as câmeras, durante grande parte do período de coleta de dados.

Os materiais escritos foram obtidos, junto a um dos professores da disciplina, ao final do semestre. Eles permitiram ao pesquisador uma triangulação de dados pois sua análise propiciou complementar informações que não foram explicitadas nas situações filmadas e também serviram de material empírico para o entendimento do processo de construção do conhecimento.

Outra fonte de dados é a entrevista que foi realizada com um dos professores da disciplina. Esse professor participou de todo o processo de concepção, implantação, reformulação e consolidação da disciplina, sendo considerado, portanto uma fonte relevante. Essa entrevista semi-estruturada, orientada por questões gerais definidas previamente, foi gravada em áudio (arquivo com extensão.wav) e transcrita na sua totalidade.

2.3. A análise dos dados

Na análise da atividade dos estudantes acompanhados durante o segundo semestre de 2008, foi feito um investimento em diferentes referências teóricas que permitiu triangular diferentes perspectivas teóricas de forma complementar. Nesta seção, será destacada a contribuição da Teoria da Atividade que permitiu uma caracterização da situação estudada e uma organização dos dados da pesquisa. Nos capítulos 3 e 4, serão abordados com um maior aprofundamento as contribuições dos outros referenciais teóricos.

Uma das contribuições da Teoria da Atividade foi o uso do diagrama proposto por Engeström (1987) como um dos instrumentos para a análise da situação investigada. Esse diagrama passou por um processo de adaptação ao contexto da pesquisa, uma atividade de educação científica. Nesse processo de adaptação, descrito com detalhes no próximo capítulo, na seção 3.1, os elementos produção, troca, distribuição e consumo da atividade propostos por Engeström foram redefinidos e substituídos pela produção, avaliação, comunicação e educação.

De posse desse diagrama, foi realizada a caracterização dos elementos: grupo, artefatos mediadores, objeto, regras, comunidade e divisão do trabalho que configuram a atividade de investigação a respeito da propriedade repelente do cravo da Índia sobre as das formigas-fantasma, no cravo da Índia, realizada pelo grupo de sujeitos desta pesquisa. Com isso, foi possível explicitar informações sobre os limites, as oportunidades e as relações proporcionadas pelos processos investigativos da disciplina. Para a caracterização dos elementos da atividade, foram utilizados dados de vídeo, dos trabalhos escritos dos alunos e também das informações obtidas por meio da entrevista realizada com um dos professores da disciplina.

Para o estudo do desenvolvimento da atividade foi adotada a divisão por níveis da atividade humana proposta por Leontiev (2004). Dessa forma, foi definido que a **atividade** consiste na investigação do grupo ao longo do semestre. As **ações** dos alunos estão relacionadas aos objetivos de cada aula, seja de apresentação de projetos, realizada em sala de aula, ou de investigação, que acontecia nos laboratórios. Essa definição também permitiu relacionar as práticas epistêmicas às **operações**, ou seja, como meios necessários para a realização das ações.

Com isso, pôde ser obtido um mapeamento geral das aulas (ver quadro 3), o que permitiu perceber os objetivos que foram perseguidos pelos estudantes a cada aula do semestre. Entretanto, como os objetivos de cada aula são amplos, foi estabelecido que esta deve ser considerada uma ação complexa. Uma ação complexa exige para sua execução ações subordinadas relacionadas a objetivos parciais. A identificação desses objetivos parciais permitiu dividir as aulas em episódios (ver quadro 4).

QUADRO 3
Modelo do mapa geral das aulas

Aulas	Duração	Ação complexa e objetivo	Ambiente

A divisão das aulas em episódios se aproxima da proposta de Mortimer et al (2007), segundo a qual os episódios são segmentos definidos por pistas contextuais e discursivas. Entretanto, em trabalhos anteriores, os episódios são definidos em termos de conteúdo temático, da fase didática ou das tarefas.

Para manter a coerência com a teoria da atividade, no caso desta pesquisa, as pistas contextuais e discursivas permitiram identificar para quais objetivos conscientes estão orientadas as ações dos indivíduos investigados.

QUADRO 4
Modelo de sequências de ações em aula do grupo analisado

Episódios	Duração	Ações do grupo	Objetivo

Feito o mapeamento da aula em episódios, foi possível descrever as ações dos sujeitos a cada aula e identificar os principais eventos que moldaram e transformaram a atividade durante o semestre.

O mapeamento das aulas e dos episódios possibilitou a seleção de conjuntos de episódios para as análises discursivas apresentadas nesta tese. Essas análises trazem uma caracterização sobre a natureza do problema pesquisado pelo grupo e também sobre as aulas de produção e sobre as aulas de comunicação, entendidas como configurações diferenciadas propiciadas pela organização da disciplina. As análises também demonstram como se dão alguns processos de aprendizagem na disciplina, evidenciando transformações de ações subordinadas em operações epistêmicas.

Outra dimensão da análise discursiva realizada se refere aos processos de tomada de decisão do grupo no decorrer da investigação. No ambiente de aprendizagem investigado, percebe-se o estabelecimento de oportunidades para que os alunos se engajem em discussões sobre os procedimentos e rumos da pesquisa. Com a análise dos processos de tomada de decisão, espera-se evidenciar as controvérsias, as dificuldades e as soluções que marcaram essa atividade investigativa dos estudantes.

Para essa análise foram estudados os textos produzidos pelos estudantes para essa disciplina, o artigo e o relatório de atividades e os momentos em que eles discutem sobre as decisões relacionadas aos procedimentos da investigação. Os textos são examinados segundo as características da linguagem científica postulados por Halliday e Martin (1993) e Mortimer (1998 e 2010). Nos discursos, são evidenciadas as ações, as operações epistêmicas e as tensões e as controvérsias presentes nos

processos de tomada de decisão, bem como os tipos de justificativas que orientaram as escolhas do grupo no decorrer da investigação. Essas informações são sintetizadas em quadros (ver modelo quadro 5).

QUADRO 5
Modelo de quadro-síntese dos processos de tomada de decisão

Problema	Fontes de informações	Ação	Operações epistêmicas	Tipo de Justificativa

2.4. A transcrição das aulas

As transcrições apresentadas nesse texto foram feitas de maneira a manter a fidelidade das falas dos sujeitos. Para tanto, os termos são transcritos da forma como foram ditos. Essas transcrições são apresentadas explicitando os contextos dos segmentos discursivos, de modo a favorecer ao leitor um conhecimento sobre a relação do transcrito com outros enunciados e a situação extra-verbal que o engendra.

Na transcrição, é utilizado um código simplificado para registrar uma pontuação que permite se aproximar da linguagem oral. Com isso, quando existe uma mudança de tom, indicando uma pergunta ou exclamação, utiliza-se o ponto de interrogação (?) e de exclamação (!), respectivamente. Os parênteses são utilizados para registrar que essa pontuação é uma inferência do pesquisador. Para elucidar falas lacunares ou fazer menção a elementos da situação extraverbal, são utilizados parênteses duplos (()) que registram os comentários do produtor das transcrições. A barra / indica uma pequena pausa, já pausas mais demoradas são indicadas em parênteses simples, que registram uma duração aproximada. O duplo colchete [] sinaliza o início e fim de duas falas simultâneas. O sinal // indica que um discurso foi interrompido pela próxima intervenção.

CAPÍTULO 3 –ESTRUTURA E DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE DE INVESTIGAÇÃO

Este capítulo será dedicado à apresentação e à análise da atividade de investigação realizada pelo grupo. Para caracterizar a atividade investigativa do grupo de alunos, sujeitos desta pesquisa, foi utilizado um modelo desenvolvido a partir do diagrama de Engeström (1987), apresentado na subseção 1.3.5 deste texto. Nesse processo de reformulação, foi observado um diagrama proposto por Pontelo (2009) que reelabora alguns dos elementos da atividade adaptando-os aos contextos educacionais.

Nessa adaptação, os processos de produção, distribuição, troca e consumo, que são considerados mais adequados à análise das atividades laborais, são substituídos ou ressignificados. A produção passa a ser entendida como ações de produção de novos conhecimentos que são realizadas com a mediação dos artefatos mediadores e estão intrinsecamente relacionadas à comunidade, às regras e à divisão de tarefas. Outros elementos como distribuição, troca e consumo são substituídos por processos de compartilhamento que são caracterizados por processos nos quais os sujeitos compartilham informações, conceitos, ideias etc (PONTELO, 2009).

Devido ao contexto analisado na pesquisa – uma atividade de ensino por investigação realizada por alunos universitários – e também pelo objeto de pesquisa – as práticas epistêmicas desses estudantes – outro modelo foi construído e será apresentado na próxima seção.

3.1. O desenvolvimento do modelo para análise da estrutura da atividade de investigação

Antes de apresentar esse outro modelo, serão esclarecidos alguns pressupostos que norteiam a relação que foi estabelecida entre a Teoria da Atividade e as práticas epistêmicas nesta tese. Nesse processo de reformulação, foi feita uma redefinição das categorias apresentadas por Kelly (2005) e utilizadas em outras pesquisas que foram apresentadas no capítulo 1.

3.1.1. As diferentes instâncias da construção do conhecimento científico

Conforme já mencionado, para Kelly (2005, p. 02) as práticas epistêmicas “são atividades sociais de produção, comunicação e avaliação do conhecimento”. Trabalhando com essa definição, a análise dos processos discursivos de trabalhos anteriores como os de Araújo (2008) e Lima-Tavares (2009) evidenciou algumas dificuldades. Nesses trabalhos, verificou-se que em alguns momentos de produção do conhecimento os alunos podem se envolver em práticas sociais de comunicação ou avaliação. Essa constatação empírica é válida também para os momentos de comunicação e avaliação.

Partindo desse problema, o primeiro passo para redefinição do modelo do sistema-atividade levou em consideração as particularidades da ciência acadêmica, enquanto empreendimento social e profissional (LATOUR e WOOLGAR, 1997, MAGNUSSON et 2006), com o estabelecimento e distinção de três instâncias em que se desenvolvem a atividade científica: momentos de produção, de comunicação e de avaliação do conhecimento.

Os momentos de produção do conhecimento são marcados pelos atos e discursos que se relacionam diretamente às condições e ao contexto de manipulação de artefatos, de leitura e pesquisa de textos científicos, de realização de ensaios experimentais. Geralmente, são períodos marcados pela linguagem cotidiana, e no qual se manifestam as controvérsias e as tensões suscitadas pelos problemas enfrentados durante a investigação (MAGNUSSON et al, 2006, LATOUR e WOOLGAR, 1997, LATOUR, 2000).

Os momentos de comunicação estão relacionados aos processos de troca de informações sobre os resultados ou sobre o andamento do projeto realizado e também àqueles associados à materialidade dos resultados expressa em trabalhos científicos escritos. Nessa instância, os indivíduos estão empenhados na produção de artigos, textos ou apresentações que divulgam à comunidade o que tem sido produzido nas atividades de investigação. Esses processos são marcados por procedimentos de representação formal dos métodos e dos dados (MAGNUSSON et al, 2006, LATOUR e WOOLGAR, 1997, LATOUR, 2000).

Quanto ao momento de avaliação, ele pode ser relacionado ao empenho de socialização ampla da investigação; que se dá por meio da publicação de

artigos e outros trabalhos escritos, apresentação em congresso ou seminários, entre outros. Nesse momento, os trabalhos se submetem à avaliação dos seus resultados, explicações e argumentos por outros representantes da comunidade acadêmica que não estão diretamente ligados à comunidade que produziu aquele conhecimento.

Esses momentos de comunicação e avaliação do conhecimento são marcados, em maior ou menor grau, por elementos retóricos e/ou discursivos. Com o uso desses elementos, os participantes procuram demonstrar o domínio e/ou apropriação da linguagem social das ciências, fortalecendo os seus argumentos para demonstrar coerência e o poder explanatório de suas explicações (LATOURE e WOOLGAR, 1997, LATOURE, 2000, LATOURE, 2000, MAGNUSSON et al, 2006 e MORTIMER, 2010).

Em todas essas três instâncias da atividade científica estão sendo empregadas, desenvolvidas, apropriadas e reformuladas as práticas epistêmicas, que dentro de uma perspectiva advinda da Teoria da Atividade, podem ser identificadas como operações epistêmicas. A conceituação das operações epistêmicas será apresentada e está diretamente associada ao modelo que será proposto a seguir.

3.1.2. Um modelo para o estudo do ensino por investigação e das operações epistêmicas

O segundo passo para redefinição do modelo considerou especificidades do processo de escolarização e a situação estudada: uma atividade de ensino por investigação em um curso universitário. A redefinição dos modelos levou a reformulação das tríades de Engeström (2001), gerando o esquema que é apresentado na figura 4.

Com essa proposta de modelo da estrutura da atividade de investigação científica escolar, destaca-se como primeira alteração o elemento educação, substituindo o consumo. Enquanto *consumo* estava presente no diagrama proposto por Engeström, esse era substituído por *compartilhamento* no modelo de Pontelo. Com essa alteração, assume-se que a finalidade da atividade é o aprendizado do grupo em um processo de construção do conhecimento científico escolar que envolve situações de produção e comunicação que são

definidas por contextos diferenciados propiciados pela organização da disciplina.



Figura 4: A estrutura da atividade de investigação científica escolar: modelo adaptado para análise de processos de ensino por investigação e para o estudo das operações epistêmicas.

Em aulas de apresentação de projetos, que acontecem nas salas de aula convencional, são constatados momentos em que os objetivos dos alunos se voltam para ações e operações de comunicação. Já nas aulas de investigação, que ocorrem nos laboratórios, verificam-se as ações e as operações de produção do conhecimento. Com isso, qualificam-se as ações e as operações dos alunos a partir do contexto propiciado pela agenda da disciplina.

Portanto, entende-se que as ações, tanto de comunicação quanto de produção, são realizadas por meio das operações epistêmicas que podem ser laborais, comunicativas ou avaliativas. As operações epistêmicas seriam consideradas como meios que são utilizados pelos sujeitos para alcançar o objetivo de uma ação de construção do conhecimento científico. Elas podem ser evidenciadas pela análise dos atos e das interações discursivas dos sujeitos.

Nesta tese, não são estabelecidas fronteiras para as operações epistêmicas. Portanto, considerando o caráter dinâmico de uma atividade humana como processo de construção do conhecimento e ao fato de que a

linguagem é constitutiva do pensamento verbal, ao realizar uma ação de produção, um aluno pode informar aos colegas e professores (operação epistêmica de comunicação) e julgar as sugestões recebidas ponderando quais são válidas (operação epistêmica de avaliação).

Com isso, a nova definição de operações epistêmica se distancia da noção apresentada por Jimenez-Aleixandre et al (2008) que utiliza tal termo para qualificar a performance dos professores¹⁶. Como apresentado na subseção 1.2.3, o conceito de operações epistêmicas como predicado da performance foi explorado por Silva (2008) para contrastar a atuação de dois professores de química com estilos bem distintos¹⁷.

3.2. Elementos da estrutura da atividade

Nessa seção será apresentada a descrição e a análise sobre elementos que compõem essa atividade de ensino por investigação, utilizando o modelo construído para esta tese. Para a construção desta representação, considera-se como a atividade: a investigação sobre a propriedade repelente de um vegetal, - cebolinha ou cravo da índia -, sobre as formigas-fantasma realizada pelo grupo durante todo o semestre letivo. Uma investigação que não se restringiu à determinação da presença ou não da ação repelente, mas também analisou variáveis que possibilitassem a produção de um repelente natural. Em um primeiro momento serão descritos os seguintes elementos: sujeito/grupo, artefatos mediadores, objeto, regras, comunidade e divisão de trabalho.

3.2.1: O grupo, artefatos mediadores e objeto

Ao analisar a atividade do grupo de sujeitos envolvidos na investigação sobre a propriedade repelente do cravo da índia na disciplina pesquisada foi proposta a representação apresentada na figura 5.

¹⁶ Ver página 59 desta tese.

¹⁷ Em trabalhos precedentes Jimenez-Aleixandre e colaboradores (1998 e 2000) tinham utilizado o conceito de operações epistêmicas para caracterizar certos atos empregados pelos alunos nos processos de construção do conhecimento científicos.

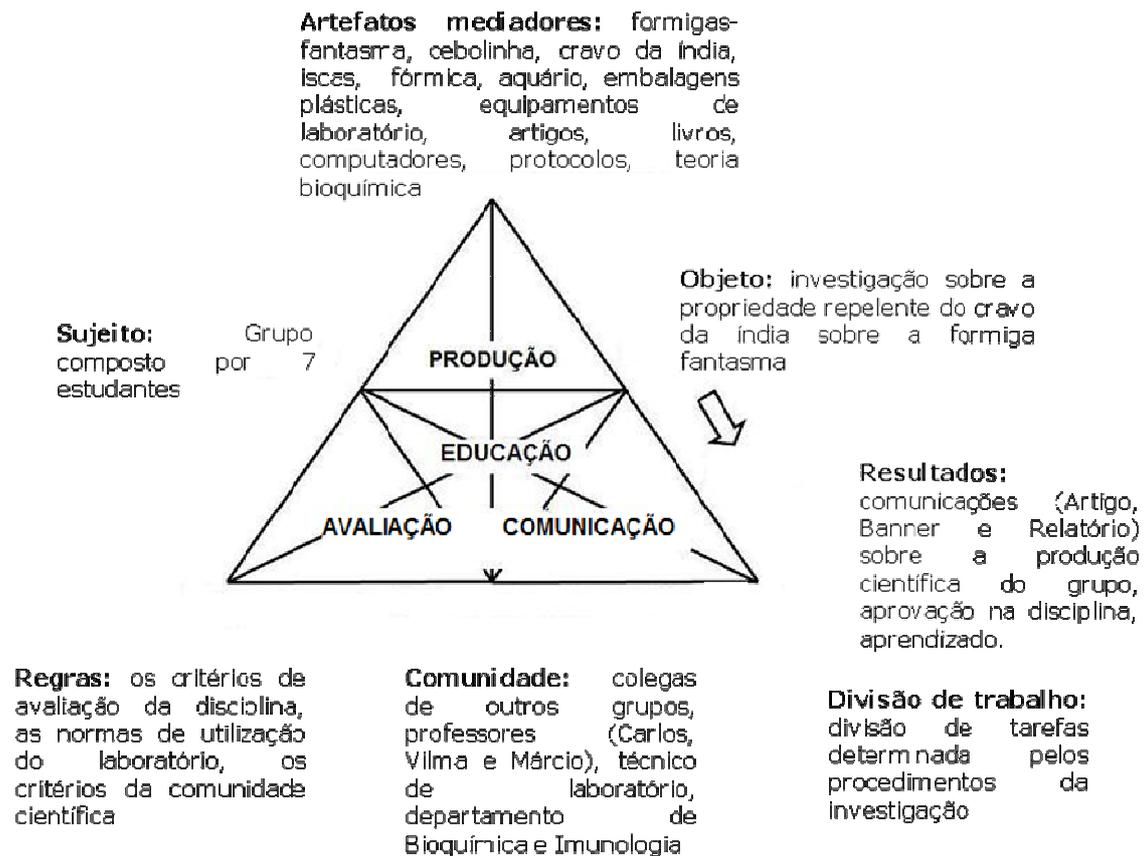


Figura 5: Modelo da atividade de investigação sobre a propriedade repelente do cravo da Índia sobre a formiga fantasma realizada pelo grupo.

Esse modelo é proposto sem desconhecer a complexidade imposta pela disciplina investigada, que impõe ou oportuniza diferentes níveis de análise (TAVARES et al, 2009). Entretanto, diante dos interesses desta tese, optou-se por considerar a atividade do grupo de estudantes investigado como o ponto central para análise.

O **grupo de sujeitos** acompanhado era composto por 5 mulheres e 2 homens a quem foram atribuídos nomes fictícios. Esses alunos foram os únicos da turma que se prontificaram e permitiram a filmagem de suas atividades investigativas. Eles justificaram essa disposição por terem estabelecido que sempre utilizariam o horário das aulas para executar as tarefas da disciplina. Essa determinação foi cumprida, tendo sido os componentes do grupo muito frequentes em todas as aulas do semestre.

Em algumas aulas, um ou outro membro se ausentou, mas isso não resultou em prejuízo das atividades. Nas filmagens, podem ser evidenciados momentos de relatos entre os integrantes do grupo, no qual o aluno ou a aluna

que faltou ou chegou atrasado foi informado ou procurou se informar sobre o que aconteceu no período em que esteve ausente. Ressalta-se ainda que Ana, Juan, Fabiana e Débora não registraram nenhuma ausência, durante o semestre.

Em uma avaliação geral, percebe-se no grupo como um todo um grande envolvimento com a atividade, com todos participando das ações necessárias à construção do conhecimento científico proposto pela investigação. Observa-se que nas discussões Ana, Thiago, Juan, Fabiana e Patrícia participaram de forma mais ativa, no sentido da produção do discurso. Na manipulação dos artefatos e na realização dos ensaios experimentais, todos se envolveram em algum tipo de procedimento (produção de extrato, organização e limpeza da bancada, montagem do experimento, etc.)

Em uma análise mais atenta, podem ser evidenciadas algumas posturas que marcaram os papéis desempenhados pelos membros do grupo, principalmente no caso de Ana, Juan, Thiago, Fabiana e Débora.

Nessa análise, pode ser evidenciado que a aluna Ana tem o papel de líder do grupo. Identificada como a provedora de formigas, que são encontradas em grande quantidade em sua residência, ela se destacou também como o membro do grupo pelo qual passaram as decisões mais importantes. Na maioria dos casos, os colegas a consultaram ou pediram sua autorização quando propuseram ou realizaram algum procedimento na investigação. Nos momentos de investigação, Ana estabeleceu ou foi consultada sobre a agenda do dia. Na maioria dos momentos em que os professores se aproximaram da bancada e solicitaram informações sobre o projeto, Ana foi abordada ou se envolveu nesses relatos.

O aluno Juan se destacou como o porta-voz, nas aulas de comunicação sobre os projetos, pois sempre iniciou apresentação do grupo, sendo responsável pela descrição dos procedimentos e apresentação dos resultados obtidos e das dificuldades encontradas. Com experiência na cozinha, ele foi responsável pela introdução do cravo da Índia como um dos objetos da pesquisa.

Juan e Thiago foram os principais interlocutores de Ana. Na maioria dos momentos de discussão, esses três alunos estavam envolvidos. Eles se

destacaram pela capacidade de propor alternativas para a solução ou para aprimorar os ensaios experimentais.

Fabiana é o membro que apresentou mais críticas ou contraposições de ideias aos outros membros do grupo, principalmente nas primeiras aulas de investigação. Junto com Patrícia, ela apontou as falhas percebidas apresentando ideias que nem sempre são levadas em consideração pelo grupo. Já Débora, sem se furtar das obrigações com a investigação, foi a aluna que mais iniciou as conversas informais em que o grupo se engajou durante a realização dos procedimentos. Juliana foi a integrante do grupo que se revelou mais calada e, quando se pronunciava, falava baixo, tendo um papel mais periférico nas discussões do grupo. Entretanto, junto a Juan, ela se destacou na organização dos materiais da pesquisa e, com Patrícia, na produção das anotações e dos cálculos estatísticos com o uso dos dados da investigação.

Durante a investigação, os alunos se envolveram com diferentes **artefatos mediadores**: formigas-fantasma, cebolinha, cravo da índia, fórmica, aquário, iscas, embalagens plásticas, equipamentos de laboratório, artigos, livros, computadores, protocolos e a teoria bioquímica.

As formigas-fantasmas, a cebolinha e o cravo da índia foram os elementos que permitiram o estabelecimento da questão de pesquisa que norteou essa atividade: se uma substância vegetal tem propriedade repelente sobre esse espécie de inseto. No princípio, o grupo pesquisado tinha definido a utilização de cebolinha. Entretanto, devido a problemas na investigação, a cebolinha foi substituída pelo cravo da índia. No Capítulo 4, é apresentada uma análise discursiva no qual são encontrados mais elementos que justificam a escolha da espécie de formiga em questão. Nesse capítulo, também será apresentada uma análise da dinâmica discursiva que configurou o processo de tomada de decisão que determinou a substituição da cebolinha pelo cravo da índia.

A análise das interações do grupo, na primeira aula de apresentação de projetos, na primeira aula de investigação e no relatório de atividades, feito pelo grupo como um dos requisitos de avaliação da disciplina, trazem alguns indícios do que determinou a construção da questão de pesquisa do grupo e das justificativas para a substituição do vegetal investigado.

Na primeira aula de apresentação de projetos, já terminando a exposição do grupo, Ana iniciou o segmento discursivo abaixo:

Ana: ((incompreensível)).essa formiga fantasma o ninho delas possui várias rainhas/ então se por um acaso você jogar um inseticida assim/ ela tem muito na cozinha/ eletrodomésticos/ assim/ então se jogar um inseticida/ a tendência do ninho é fragmentar e ela espalhar pela casa/ Então/ a nossa ideia também foi usar a cebolinha que uma coisa que você usa em casa/ se tiver capacidade de repelir você pode deixar na cozinha que você não vai fragmentar a colônia/

Juan: Pelo menos na cozinha/ ela não vai ser encontrada//

Ana: e a formiga também é um vetor de bactérias/ microrganismo em geral.

Esse segmento discursivo ocorreu após um momento de discussão em que se registram muitas falas simultâneas, de modo que não foram percebidos os elementos que suscitaram a explicação dada por Ana. Observa-se que o grupo trabalhou com uma questão de pesquisa tecno-socio-científica em que se objetivou a produção de um produto (repelente natural) para ser usado em ambientes residenciais, de modo que as pessoas possam lidar com o problema da ubiquidade e da fragmentação das colônias dessas formigas.

Com relação à escolha da cebolinha, como vegetal fonte de substância repelente, é encontrada a seguinte justificativa no relatório de atividades.

a.1.“O projeto teve como base o uso intercalado de cebolinha com a plantação de interesse em hortas, para repelir formigas rurais e impedir, dessa forma a destruição do plantio.”

Entretanto, após o primeiro e o segundo ensaio experimental, realizado na primeira aula de investigação, não foram obtidos os resultados esperados, isto é, a cebolinha não apresentou a capacidade de repelir as formigas da espécie de interesse para o grupo. Com isso, os alunos partiram para o estudo de outro condimento, o cravo da índia. Essa escolha é justificada da seguinte forma:

a.2 “...o projeto inicial foi alterado em partes, sendo feita a substituição da cebolinha por uma espécie de cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata*), visto que, a cultura popular informa que a última pode ser utilizada no ambiente doméstico para repelir formigas doces em geral.”

Para a realização dos ensaios experimentais, os alunos utilizaram diferentes artefatos mediadores. Alguns, como artigos e outros documentos, fornecem os fundamentos teóricos e metodológicos que guiam a investigação do grupo. Eles, portanto, se constituíram em um dos elementos que

contribuíram na delimitação e orientação da atividade de investigação para a produção de um conhecimento científico que atende aos critérios de legitimidade da comunidade em questão.

Outros artefatos mediadores estão mais relacionados aos procedimentos da investigação. Alguns são abandonados ao longo da investigação, como o aquário (observe a análise no capítulo 4, seção 4.1) e a fita adesiva, mas eles sempre usaram uma superfície que consistia em um pedaço de fórmica no qual foram colocadas a cebolinha ou o cravo da índia *in natura* ou como extrato e certa quantidade de formigas. Na figura 6, observa-se o *design* básico do experimento.



Figura 6. Experimento montado para ensaio experimental que verifica a eficiência do extrato de cravo da índia como repelente de formigas-fantasma

A montagem do experimento consistia na colocação da substância de interesse em um retângulo ou elipse próxima às bordas da fórmica. Feito esse procedimento, os membros do grupo colocavam as formigas, que foram transportadas em pequenas embalagens plásticas, no centro do halo. Eles observavam a movimentação das formigas no centro do halo. Caso algum inseto atravessasse essa barreira, ele era morto e contado. Ao final de um tempo definido pelo grupo, todas as formigas que ficavam no centro do halo eram contadas. Com isso, os alunos podiam estabelecer uma relação entre o número de formigas que saíram do halo e quantas ficaram; o que os permitiu

estabelecer um parâmetro para inferir sobre a eficiência ou não da substância pesquisada quanto a sua capacidade de repelir essa espécie de formigas.

Na produção do extrato, os alunos utilizaram equipamentos do laboratório, como balança analítica, pistilo e cadinho para a maceração do cravo ou da cebolinha e do filtro para a filtração do extrato. Esses equipamentos são alguns do que são encontrados no laboratório que é destinado especificamente a essa disciplina. Na próxima subseção será abordado como foi montado esse espaço.

Considerando os elementos do topo do triângulo da representação da atividade - sujeitos, artefatos mediadores -, identifica-se que os mesmos estão envolvidos diretamente com o **objeto** que é o estudo do efeito repelente do cravo da índia sobre a formiga fantasma. Esse objeto permitiria como **resultado**: a produção de dados por meio de ensaios experimentais que sustentem a hipótese de que o cravo da índia possui propriedade repelente sobre a formiga-fantasma. Esse resultado era importante tanto para que os alunos desenvolvessem um produto natural para ser utilizado em ambientes domésticos quanto para o grupo executar as tarefas – produção de um artigo, de um relatório de atividades e de uma apresentação com o suporte de banner – exigidas para a aprovação na disciplina.

Nesse sentido, a atividade do grupo evidencia uma tensão entre um motivo inerentemente escolar - a aprovação na disciplina - e um motivo mais amplo e compartilhado pelo grupo que é a obtenção do produto desejado. Ao longo da atividade, o grupo lidou com os seus problemas e contradições levando em conta esses dois motivos que foram ponderados nas decisões tomadas e que mantiveram o trabalho do grupo durante todo o semestre. Em outras seções desta tese, serão apresentadas evidências que indicam que o motivo “obtenção de um repelente natural” predomina sobre o motivo escolar em vários momentos. Uma dessas evidências é a própria dinâmica das aulas 6 a 14, que serão discutidas na seção 4.3, pois essas aulas são marcadas pelas ações e operações epistêmicas do grupo que se dedicou à investigação de variáveis como: a estabilidade do efeito repelente e a coloração do extrato de

cravo da Índia, consideradas importantes para a fabricação de um repelente natural.

Ressalta-se que outro resultado esperado, mas que está mais associado a uma expectativa dos professores do que dos alunos, é o aprendizado de práticas científicas e de certa compreensão da natureza das ciências. Como será apresentado, principalmente na seção 3.3.4 e no capítulo 4, ao participar da atividade de investigação, o grupo aprendeu procedimentos e conceitos básicos de bioquímica, na prática e pela prática, enfrentando os obstáculos da investigação de forma ativa, criativa e participativa. Além disso, o grupo parece ter internalizado princípios caros à construção de conhecimentos científicos, como a valorização do dado empírico e o rigor nas observações, na produção e na apresentação dos resultados da investigação.

3.2.2: A comunidade

Conforme mencionado no capítulo 2, para entender a dimensão coletiva e social da atividade do grupo pesquisado, isto é, a comunidade, as regras e a divisão do trabalho que configuram essa disciplina, foi necessário um período de imersão do pesquisador na rotina da disciplina em que essa atividade foi desenvolvida. Para tanto, o autor deste texto, além do período de coleta de dados por filmagens, acompanhou uma turma no semestre anterior. O período de imersão em campo permitiu detectar elementos que constroem ou que propiciam as ações de cada grupo ao longo do semestre em que são desenvolvidos os projetos. Além disso, em momento posterior às filmagens e à primeira proposta de análise dos dados, foi realizada uma entrevista com o professor Carlos¹⁸, que é um dos professores e foi um dos idealizadores da disciplina. A entrevista trouxe informações importantes para o entendimento da história, dos objetivos e das expectativas dos professores responsáveis pela disciplina.

Sendo assim, a **comunidade** identificada no semestre em que o grupo estudado desenvolveu sua atividade de investigação sobre a propriedade repelente do cravo da Índia era composta pelos: professores (Carlos, Vilma e

¹⁸ Nome fictício

Márcio), técnico de laboratório, departamento de Bioquímica e colegas de outros grupos.

Os professores responsáveis pela disciplina são dois: Carlos e Márcio. No semestre em questão, devido a problemas de horários, eles contaram com a ajuda da professora Vilma, que acompanhou a disciplina da segunda à quarta aula. Os professores e a professora estão vinculados ao Departamento de Bioquímica e Imunologia e todos apresentam produção científica significativa com publicações nacionais e internacionais e experiência em orientações de alunos de pós-graduação. O professor Carlos é o professor mais experiente. Todos já trabalharam com a disciplina anteriormente e, pela vivência, tanto com a disciplina quanto com a atividade de pesquisa, constituem, para os alunos, referências necessárias para validar premissas e suposições e fornecer orientações importantes para execução dos projetos.

Nos momentos de apresentação dos projetos, que aconteceram em sala de aula, enquanto um grupo apresentava, os professores sentavam-se juntos aos outros alunos e faziam intervenções nas apresentações. Por meio dessas intervenções, os professores exigiam maiores esclarecimentos, propunham procedimentos, mostravam as inconsistências e limitações da investigação, etc. No laboratório, durante as investigações, os professores percorriam as bancadas se dedicando a interações com os grupos quando eram solicitados ou quando ficavam envolvidos com os dilemas ou ações dos grupos. Na próxima seção, será apresentada a dinâmica da atividade e, no capítulo 4, serão destacados alguns momentos dessa interação.

Na entrevista, quando perguntado sobre as origens do formato atual da disciplina, o professor Carlos relata que ela teve origem a partir de uma reflexão sobre as características das aulas oferecidas pelo departamento de Bioquímica e Imunologia.

Professor Carlos: Bom/ a história/ ela começa quando eu vim para o departamento/ no departamento tinha algumas aulas práticas/ que já tinham décadas que eram ensinadas/ e eu achei que essas aulas práticas/ eram muito fechadas/ no sentido em que não davam margem/ para o aluno ter nenhuma criatividade/ nem mesmo dúvidas/ porque até as perguntas que eram feitas elas tinham as respostas no texto/ então/ eu achava que era meio inútil/ era um pouco/ me parecia muito protocolado do jeito que estava

sendo feito/até tinha algumas aulas interessantes/ mas os alunos simplesmente faziam o que eram mandados/ e tinham/ eu acho que o que eles aprendiam era só a pipetar/ e confirmar algumas coisas que aprendiam nos livros/ e mesmo algumas coisas que eventualmente em aulas práticas/ assim pode num dá certo/ né (?) o aluno é instruído a responder como se tivesse dado certo/ (...)/aí eu comecei a introduzir algumas modificações nas práticas/ em que eram feitas algumas perguntas que não estavam no roteiro que desafiavam o aluno a tentar resolver/ então/ isto foi o primeiro passo.

Com essas informações, o professor Carlos se identifica como o precursor da disciplina. Ele sinalizou que havia uma insatisfação pessoal com o modelo tradicional de aulas práticas no qual os alunos são levados ao laboratório para fazer atividades escolares orientadas por roteiros fechados. O professor Carlos acredita que essas atividades fechadas teriam pouco resultado na aprendizagem e que havia a necessidade de oportunizar situações para o aparecimento de dúvidas e para o uso da criatividade. Para propiciar essas situações, ele passou a introduzir questões diferenciadas, o que é indicado como um primeiro passo no desenvolvimento da disciplina.

Nesta resposta, ele destacou a importante contribuição de outros professores do departamento, de um professor que já deixou a instituição e da professora Vilma.

Professor Carlos: Num momento seguinte/ um professor que estava, que hoje é da (outra instituição federal) e foi nosso professor um tempo/ propôs que a gente fizesse não umas aulas práticas/ mas uma atividade prática durante o semestre que a gente daria uma tarefa para os grupos/ mas ainda assim era uma coisa muito dirigida/ ou seja/ tipicamente/ o primeiro ano que nós fizemos isto/ nós demos uma proteína para os grupos e pedimos para eles verem qual era a composição de aminoácidos/ identificar por cromatografia/ então eles tinham que fazer hidrólise/ então uma coisa interessante/ mas eu achei que ainda não estava do jeito que eu acho que podia ter/ que eu comecei a pensar que era importante desafiar mais os estudantes e exigir inclusive que eles usassem mais a criatividade para resolver os problemas e foi quando então/ ai esse professor já saiu daqui do departamento/ e veio a professora Vilma/ nós resolvemos fazer/ é/ uma coisa mais desafiante e mais aberta no sentido de que a gente propunha alguns dos projetos de pesquisa/ mas deixassem que eles fizessem outra proposta/ tipicamente a gente tinha lá uns 5 ((projetos)) que a gente propunha.

Esses professores contribuíram na consolidação de duas ideias que foram fundamentais para o formato da disciplina atual: primeiro, a ideia que uma atividade prática pudesse ter a duração de um semestre letivo, o que permitiu aos alunos um trabalho mais duradouro e aprofundado com o

problema escolhido; segundo, a ideia de que os projetos poderiam ser de natureza variada e também propostos pelos alunos.

Já a parceria com a professora Vilma foi essencial para a melhoria da infraestrutura, o que permitiu a montagem de um laboratório próprio para o curso de biologia que favorecesse esse tipo de aula prática. O professor Carlos afirmou que a infraestrutura do laboratório impunha obstáculos que o fizeram pensar em abandonar esse formato de atividades abertas, mas quando comunicou a uma determinada turma sobre essa decisão, ela reagiu dizendo *“Nós queremos fazer o projeto, logo agora que vai parar e tal”*. Essa atitude motivou os professores a duas resoluções para a continuidade da atividade: o estabelecimento de um pacto em que alunos e professores reconhecem as carências estruturais e a busca de melhorias para essas aulas práticas.

Professor Carlos: Aí eu fiz um pacto com eles/ que era o seguinte(:) reconhecer que a gente tinha uma infra estrutura precária e que eles iam ajudar a resolver os problemas que surgissem/ e na época/ eh/ nós fizemos um esforço e isto foi a Vilma que até tomou a frente de fazer um projeto que foi apresentado à Universidade para melhorar a infra estrutura do laboratório de prática/ e junto ao Departamento nós fizemos um acordo com o Departamento de reservar uma sala de aula prática porque antes eles faziam em sala de aula prática de todos os cursos/ então ficou reservado uma das salas de aula prática exclusivamente para o curso de Biologia e aí nós investimos na infra estrutura/ e foi comprado/ espectrofotômetro, balança/ eh/ estufa, microscópio/ então é mais ou menos essa infra estrutura que a gente tem/ bom/ com isso/ ficou mais/ eh/ interessante/ os projetos ficaram mais interessantes/ nós também fizemos um acordo dentro do departamento/ de que os laboratórios que quisessem poderiam oferecer o espaço para que a turma ou um grupo viesse fazer o projeto usando a infra estrutura do nosso laboratório do departamento/ Com isso então/ o número de possibilidades de projetos aumentou muito.

Com a atuação da Professora Vilma, que desenvolveu um projeto para a busca de fomentos, os professores e estudantes passaram a contar com melhores condições materiais e com um laboratório próprio. Como as condições ainda não eram ideais, foi firmado um acordo com outros laboratórios do departamento que poderiam oferecer equipamentos e insumos para projetos mais específicos ou complexos. O movimento dos professores pela melhoria das condições para os projetos resultou em dois efeitos: um muito positivo, que foi a proliferação de projetos que eram propostos e desenvolvidos por grupos de estudantes, e outro que poderia ser considerado

negativo mas que Carlos também avalia como positivo, que foi a condução de alguns projetos em outros laboratórios sem acompanhamento dos professores.

Com relação à diversidade de projetos, destaca-se que o depoimento do professor traz uma evidência de que as condições materiais oferecidas pelo laboratório próprio e a possibilidade de trabalhar em outros laboratórios propiciaram uma maior autonomia aos grupos de estudantes. Pois, se antes os professores tinham que propor questões ou projetos a serem investigados, agora, com as novas condições aumentou a proposição de projetos pelos alunos. Segundo o professor Carlos:

Professor Carlos: ... nós reparamos que aqueles projetos que a gente apresentava pra eles estavam sendo cada vez menos escolhidos / então passou a perder o sentido fazer.

Já a utilização de outros laboratórios trouxe como problema o fato de que alguns grupos passaram a obter as respostas de seus problemas de pesquisa de forma muito imediata com o suporte de equipamentos tecnológicos mais sofisticados.

Professor Carlos: E a outra coisa que aconteceu mais ou menos simultaneamente foi que é/ um dos projetos que a gente sempre oferecia/ a gente dava um tubo de ensaio com uma substância biologicamente importante e pedíamos para a turma identificar a substância/ então eles usavam mesmo a criatividade no início/ faziam lá a solubilidade/ ponto de fusão/ um monte de coisa que era para tentar identificar e eles eram acostumados a identificar a natureza química do composto/ mas aí/ uma turma descobriu que na química eles tinham lá um/ eles podiam fazer o espectro de infravermelho e com isso identificavam com facilidade e perdeu a graça/ porque a turma chegava ia para a química/ entregavam para alguém/ alguém fazia e via com resultado belíssimo e sem graça nenhuma/ sem desafio/ né (?)então nós proibimos/ quer dizer/ a turma que resolveu o problema num primeiro momento mostrou criatividade de como se resolver o problema/ mas os outros que começaram a simplesmente seguir o caminho já trilhado né (?) ai nós acabamos com esse tipo de projeto/ de dar a substância e pedir para identificar.

Apesar de ter sido proibido o desenvolvimento de projetos que consistiam na identificação de uma substância desconhecida, a possibilidade de realizar parte do projeto em outros laboratórios ainda persiste nos moldes atuais da atividade. Essa abertura parece ainda trazer problemas para o acompanhamento de certos grupos que não são tão assíduos nas aulas de atividades experimentais devido ao fato de que podem realizar os seus projetos em outros laboratórios. Nesses casos, os grupos se distanciam dos

professores e dos outros colegas, perdendo momentos de interação e de orientação que são frequentes nessas aulas.

Quanto à proposta atual dessa atividade, o professor Carlos não entrou em detalhes sobre o processo de transformação da atividade em uma disciplina e de sua inclusão na matriz curricular do curso de bacharelado de Ciências Biológicas. Ele apenas descreveu que:

Professor Carlos: A disciplina assumiu o formato atual onde antes era uma atividade prática dentro de uma disciplina maior chamada bioquímica celular e agora virou uma disciplina/ a bioquímica celular passou a ser só teórica e criou-se então essa disciplina chamada projeto de bioquímica/ e inclusive é no semestre seguinte/ então a turma/ ela apresenta o projeto no final do semestre/ onde faz a bioquímica celular/ e aí então no semestre seguinte eles tem a oportunidade de realizar o projeto ou um outro/ pois a gente não exige que seja exatamente o mesmo/ porque eles podem ter ideias melhores.

No projeto pedagógico, a disciplina Bioquímica Celular apresenta a seguinte ementa: “Relação de estrutura e função de biomoléculas. Mecanismos de catálise biológica. Biossíntese e degradação de biomoléculas” com carga horária de 60 horas aula. A disciplina Projetos de Bioquímica, com carga horária de 30 horas aula, tem a seguinte ementa: “Introdução à metodologia científica; elaboração de projetos experimentais. Introdução às técnicas laboratoriais de manipulação de amostras biológicas; biossegurança no laboratório; manipulação de volumes, massas e concentrações; centrifugação; espectrofotometria”.

Questionado sobre os objetivos da disciplina, o professor apresentou quatro objetivos. O primeiro é que os alunos reconheçam a bioquímica como um referencial teórico importante para a biologia contemporânea:

Professor Carlos: Eu diria o seguinte/ o primeiro objetivo/ é/ bom/ pelo objetivo mais de/ em termos de conhecimento/ né(?) eu não tenho a terminologia de educação/ você vai saber traduzir isto melhor do que eu/ e outra mais de atitude/ em termos de conhecimento/ o objetivo é mostrar que a bioquímica/ ela é um instrumento importante/ ela pode ser utilizada dentro de qualquer coisa/ qualquer disciplina na biologia/ o sujeito independente da área que ele vai trabalhar na biologia/ sempre pode haver um enfoque bioquímico/ para este tipo de/ eh/ mostrar que a bioquímica ela tem um instrumental capaz de explicar muita coisa que é importante para a biologia.

A convicção manifestada nessa resposta deve se assentar em sua grande experiência como um pesquisador de renome na bioquímica.

Realmente, muitos estudos biológicos tem empregado análises da bioquímica e da biologia molecular para fundamentar evidências evolutivas ou para o entendimento de processos fisiológicos e imunológicos. Com relação a esse objetivo, é necessário destacar outra fala do professor Carlos. Nessa entrevista, em momento posterior, ele foi questionado sobre a ausência, na análise dos vídeos, do uso dos conceitos da bioquímica pelos sujeitos do grupo investigado. Sobre esse questionamento, ele argumentou que

Professor Carlos: Oh(!) isso acontece/ e eu acho até que eles utilizam mais do que muitas das aulas práticas normais/ porque o que a gente ensina muito em bioquímica é metabolismo e estrutura/ principalmente estrutura de proteína e uma parte geral de/ bom/ mais ligada ao metabolismo/ essas coisas são difíceis de serem feitas em aula prática/ até naquele período pregresso/ eu tinha desenvolvido uma aula prática/ nesses moldes de fazer perguntas que não são óbvias de se responder envolvendo metabolismo e até uma coisa que eu lamento é não ter conciliado esta aula prática com esse tipo de abordagem/ porque é muito difícil você estudar metabolismo nas condições que a gente estava/ e estrutura de proteína também é uma coisa muito complexa/ a gente usa equipamentos/ dicroísmo circular/ raio X/ cristalografia de raio X/ ressonância magnética nuclear/ então são coisas que até não são disponíveis/ como a espectrometria de massa/ então o que eles usam na verdade é um determinado tipo de raciocínio muito básico/ a coisa é hidrofóbica/ hidrofílica/ porque que seria hidrofóbica/ é uma/ e na realidade a bioquímica hoje ela é muito mais é/ ela está se avançando muito mais até como um mecanismo de entender fenômenos diferentes do que a gente chama de condicionalmente bioquímica/ ou seja/ que está num livro de bioquímica/ como por exemplo fenômeno de imunologia/ de sistema nervoso/ como é que a célula diferencia/ então isso tudo usa uma bioquímica enorme/ que não está nos livros de bioquímica/ pra ver o que a gente ensina nos livros de bioquímica/ é uma bioquímica muito básica/ e ele/ e essa bioquímica/ principalmente a base do metabolismo realmente é muito pouco usada neste projeto/ não vejo como a gente superar essa dificuldade sem partir com equipamentos muito sofisticados/ como exemplo usar/ eh/ material radioativo por exemplo/ então são coisas que são usadas muito no estudo de metabolismo.

Na resposta, percebe-se que a expectativa de trabalho com os conceitos da bioquímica estão limitados pela situação material oferecida aos estudantes. Dessa forma, espera-se que os alunos trabalhem com princípios básicos dessa área do conhecimento. Ele identifica que esse obstáculo poderia ser vencido com equipamentos mais sofisticados, mas que poderiam trazer uma implicação que comprometeria outros objetivos da disciplina. Segundo o professor:

Professor Carlos: É/ e tem a ver também com aquela coisa que eu te falei/ se a gente fizesse uma coisa muito sofisticado/ a gente ia ficar uma coisa muito assim/ meio mágico para eles e que é uma coisa muito importante/ se eles pudessem fazer isso a/ seria uma coisa importante/ mas eu acho que é mais importante para eles/ mostrar que/ com coisas simples consegue se avançar no resultado.

Dessa forma, para ele, o fornecimento de equipamentos sofisticados poderia influenciar negativamente para atingir dois outros objetivos ainda não destacados: o uso e o reconhecimento da importância da criatividade na solução dos problemas e o desenvolvimento de uma atitude de investigação:

Professor Carlos: Então este/ ah bom/ eu diria também que ai talvez misture as duas coisas/ eh/ que você pode com criatividade ((resolver)) problemas que até num primeiro momento podem parecer difícil de ser resolvido/ a outra/ então/ de um ponto de vista de mais de atitude/ eh/ é meio que romper com essa atitude/ do aluno de ser muito passivo em relação as coisas e de aceitar qualquer coisa que o professor fale/ e mostra que uma da ciência experimental como a biologia/ a última palavra é o fato experimental.

Em muitos trechos dessa entrevista, o professor Carlos manifesta que o desenvolvimento da criatividade é um dos propósitos da disciplina. Ele também enfatiza a necessidade de os estudantes serem estimulados na busca de soluções e de respostas de forma autônoma e participativa. Outro objetivo que pode ser destacado no trecho apresentado é que a disciplina permita apresentar o caráter experimental da biologia. Esse objetivo sinaliza para uma expectativa de que a disciplina contribua para a compreensão da natureza da ciência.

Com esses objetivos atingidos, pela análise da entrevista percebe-se que o professor tem altas expectativas sobre a contribuição da disciplina para a formação de biólogos, licenciados e bacharéis. Respondendo sobre a história da disciplina, o professor Carlos afirmou que:

Professor Carlos: /a gente poderia oferecer condições melhores de material para os alunos desenvolverem melhor e isso tem a vantagem que fariam os projetos mais legais/ mais conclusivos/ mas por outro lado/ isso poderia inibir uma criatividade que eu acho que poderia ser útil principalmente para os alunos que fazem licenciatura/ embora a disciplina seja obrigatória para o bacharelado e não para a licenciatura/ existem vários que fazem licenciatura e a nossa convicção/ aliás mais do que convicção/ a gente faz isto também como atividade de extensão/ os alunos/ esse tipo de coisa pode ser feita de alunos de ensino básico/ principalmente do ensino médio e final do ensino fundamental.

Nesse trecho pode ser observado que, apesar de não constar na matriz curricular do curso de licenciatura, essa disciplina conta com a presença de licenciandos que a cursam como optativa. Espera-se que a vivência dessa disciplina estimule os futuros docentes a repetir tal experiência didática. Essa

convicção do professor se fundamenta nem tanto na disciplina, mas nos resultados do projeto de extensão “UFMG nas escolas” que é oferecido a educadores e a alunos do ensino básico nas férias de verão e de inverno. Nesse projeto, alunos e professores realizam atividades investigativas com a orientação dos professores e bolsistas do departamento. Quando questionado diretamente sobre a possível contribuição dessa disciplina para um aluno da licenciatura em Ciências Biológicas, ele ressalta novamente o projeto “UFMG nas escolas” e indica que espera que a disciplina fomente iniciativas semelhantes:

Professor Carlos: Bom/ com relação a licenciatura/ eu espero/ eu não tenho muito elemento para saber se tem sido bem sucedido/ Eu gostaria muito que esse tipo de coisa/ fosse levado/ esse procedimento/ fosse levado às escolas/ agora/ é claro que dificilmente alguém/ quando for a escola/ vai pensar/ dado a estrutura das nossas escolas/ vai pensar em fazer isto imediatamente/ talvez num futuro próximo/ que eu espero que este futuro modifique um pouco/ eh/ eu acho que as pessoas que tiverem este tipo de experiência/ podem se lembrar e resolver fazer algo parecido/ eu acho que/ bom/ agora/ opiniões pessoais né (?) eu acho que o Brasil tem que encaminhar para uma escola de tempo integral e nessa escola de tempo integral/ obviamente o aluno não vai ficar sentado o tempo todo na escola na carteira da escola/ e vai ter atividade de tirar dúvida/ vai ter atividade esportiva/ vai ter atividade musical e eu espero que tenha atividade científica/ tipo clube de ciência/ um grupo que faz um projeto durante um semestre/

(...)

...mesmo na escola atual/ nós já tivemos notícia que algumas escolas/ em vez de aula prática/ estão fazendo isso/ e aí/ até não por influência da disciplina/ mas da atividade de extensão que a gente faz/ todas férias a gente oferece para professores e alunos/ eles ficam uma semana aqui no ICB/ fazendo um projetinho/ sobre um determinado tema/ e nós já tivemos notícia/ já acompanhando/ que é tem escola que está fazendo isto com os alunos/ os alunos eles fazem um projetinho/ que sai muito legal e usando a mesma infraestrutura que nossos alunos da graduação usam.

Nessa resposta, o professor explicitou uma expectativa de transformação da situação escolar atual e quais expectativas que ele tem para o futuro, por exemplo, quando o país adotar um sistema de educação integral. Ele argumenta que uma das atividades a ser oferecida e valorizada deve ser a atividade científica por meio de clube de ciências, que poderia seguir o modelo dessa disciplina. Com isso, o contato com esse tipo de conhecimento seria antecipado; o que, para ele, resultaria em uma melhor compreensão da ciência.

Professor Carlos: Bom/ então acho que é importante desenvolver/ quanto mais cedo/ melhor no aluno/ essa ideia de que a ciência não é um conjunto de informações/ mas é uma coisa dinâmica e que ela dá um instrumental para você resolver problemas.

A expectativa do professor Carlos se aproxima da que pode ser encontrada nos documentos oficiais norte-americanos, a qual advoga que a possibilidade de realizar atividades escolares similares às atividades dos cientistas poderia conduzir a um maior entendimento dos princípios da ciência.

Com relação à formação do bacharel, modalidade cujo projeto pedagógico inclui a disciplina como obrigatória, com a finalidade de dar acesso e favorecer a participação em projetos de pesquisa, o professor Carlos afirma que:

Professor Carlos: Com relação ao bacharelado/ eh/ a gente/ aí eu tenho dados melhores/ quando o departamento começou a fazer isso aí/ nós começamos a atrair mais alunos de biologia/ não foi a única coisa que o departamento fez/ foi isso e também/ eh/ nós reformulamos o bacharelado de biologia/ então nós começamos o que antigamente era principalmente aluno de farmácia/ vinha fazer o curso de bioquímica/ a pós-graduação/ nós passamos a ter uma procura enorme dos melhores alunos de biologia/ então/ eu acredito que isso está ajudando atrair os alunos para os laboratórios do departamento/ e para nossa pós-graduação/ E o aluno então/ que já vem para a pós graduação e para o laboratório/ ele já vem com a cabeça mais aberta pra esse tipo de coisa né (?).

Nesse trecho da entrevista, percebe-se que, para o professor, a disciplina tem contribuído para atração de alunos mais qualificados para o bacharelado em Bioquímica e Imunologia e para o programa de pós-graduação do departamento. Além disso, para o professor Carlos, o primeiro contato com essa disciplina aproxima o aluno de uma postura mais adequada à rotina dos laboratórios de bioquímica e imunologia.

Outro membro importante dessa comunidade é o técnico de laboratório, Rodrigo. Ele foi responsável pela segunda aula da disciplina, uma aula sobre biossegurança, na qual foram apresentadas as normas do laboratório. Um dos elementos que compõe a dimensão das regras desta atividade e também alguns dos equipamentos do laboratório destinado às investigações. Em muitos momentos do semestre, foi solicitado a Rodrigo o fornecimento de reagentes e materiais, assim como de explicações sobre o manuseio de alguns equipamentos do laboratório.

Outro elemento da comunidade que precisa ser destacado é o Departamento de Bioquímica e Imunologia. Na primeira aula da disciplina, o professor Carlos informou aos alunos que os instrumentos de avaliação da disciplina consistiriam na elaboração de um *banner* que deveria ser exposto e apresentado a outros membros – professores e alunos de pós-graduação – do departamento, na última aula da disciplina. Diante disso, atender aos critérios dessa comunidade se estabelece como um elemento definidor da produção de conhecimentos realizada pelos grupos na investigação. O momento de apresentação se constitui em um evento de legitimação.

Com relação aos colegas dos demais grupos, todos estão envolvidos em outros projetos. Nesse semestre, são quatro grupos diferentes. Ao longo do semestre, dois grupos tiveram mudanças significativas que resultaram em alterações em suas atividades de investigação. Nessa seção, esses projetos serão apresentados sucintamente como uma forma de mostrar a diversidade de iniciativas propostas pelos alunos.

Um grupo composto por sete integrantes iniciou o semestre se propondo a investigar a influência da papaína, substância proveniente do mamão, em meios de cultura de paramécios. No final do semestre, esse grupo apresentou um trabalho sobre a atividade microbiana de diferentes extratos vegetais (tanchagem, arnica, salsaparrilha, alho e alho-poró) em populações de *Candida sp.*

Outro grupo que sofreu mudanças também era composto por sete integrantes. Inicialmente, o grupo apresentou um projeto que pretendia extrair e analisar a toxina e a hemolinfa de uma espécie de lagartas. No final do semestre, esses alunos apresentaram um trabalho sobre os efeitos de saponinas, substâncias vegetais com atividade antimicrobiana, sobre *Candida sp.*

Durante o semestre, outro grupo com seis integrantes pesquisou as propriedades antibióticas do marmelinho sobre bactérias que estão relacionadas a infecções urinárias. Por último, cinco alunos se envolveram em

uma investigação sobre a mimosina, também uma substância vegetal, e seu possível efeito microbiano.

Em comum, entre esses quatro grupos pode ser observada a verificação da atividade microbiana de alguma substância vegetal. Isso parece estar ligado às limitações de tempo de infraestrutura; afinal, como mencionou o professor Carlos na entrevista: *“Eles tem um período curto, não estão dedicados só a isto, tem uma infra estrutura precária, eles têm só quatro meses na realidade, efetivamente três meses, né (?) Porque o primeiro é gasto com preparo.”* Essas condições limitantes favorecem ensaios com substâncias vegetais que implicam processos de extração mais simples. Além disso, ensaios experimentais com microorganismos, como antibiogramas, não necessitam de equipamentos de alta tecnologia para a produção de resultados que sustentem argumentações e ou explicações científicas.

Como informado pelo professor Carlos, os grupos podem empregar equipamentos como HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*), espectrômetro de massa, equipamentos muito utilizados na pesquisa bioquímica; mas para isso precisam da colaboração de outros laboratórios do departamento. Os grupos que pesquisaram sobre o marmelinho e a mimosina fizeram emprego dessas tecnologias, conforme pode ser verificado em suas apresentações, nos relatórios de atividade e no artigo. Entretanto, enquanto o grupo que investigou a propriedade microbiana da mimosina se mostrou mais frequente no laboratório da disciplina, o grupo do marmelinho se mostrou pouco assíduo a essa aula.

3.2.3: As regras e a divisão do trabalho

Na exposição do professor feita na primeira aula, podem ser percebidos aspectos relacionados às regras que são estabelecidas nessa comunidade. Nessa aula, o professor Carlos ressaltou a possibilidade de remanejamento de integrantes entre os grupos e de mudanças nos projetos, devido a problemas quanto à viabilidade de execução. Entretanto, advertiu quanto à impossibilidade de projetos com animais vertebrados, devido às restrições impostas pelo Comitê de Ética da instituição.

Ele expôs a organização das atividades da disciplina: numa semana, aula no laboratório para a realização das atividades investigativas; na outra, na sala de aula convencional para a apresentação informal do andamento dos projetos. O professor justificou a necessidade desses encontros que são, por ele, identificados como momentos de reflexão coletiva. As aulas de apresentação do projeto permitiriam informar sobre problemas, compartilhar dificuldades e soluções e promover o aprendizado com o projeto de outro grupo. Além disso, essa atividade teria por objetivo estimular a atividade contínua do grupo na busca de informações novas sobre o projeto.

Continuando a sua exposição, o professor informou sobre os instrumentos de avaliação da disciplina. Ao final do semestre, cada grupo deveria entregar dois trabalhos escritos: um artigo com formato científico e um relatório que apresentasse as dificuldades encontradas pelo grupo na investigação. Carlos argumentou que na confecção de um artigo científico, pesquisadores não apresentam os percalços do trabalho, então, o relatório permitiria ao grupo uma reflexão sobre as dificuldades e o que pôde ser aprendido com os erros. Outro trabalho que deveria ser efetuado pelo grupo seria a apresentação do projeto para os professores e alunos do programa de pós-graduação do Departamento de Bioquímica. A apresentação seria feita com suporte de um *banner* e permitiria avaliar o domínio de cada integrante do grupo sobre os assuntos inerentes ao processo de produção da investigação.

O professor informou à turma sobre o horário reservado para as aulas e sobre a possibilidade de utilização do laboratório, que é uma sala restrita ao curso de Ciências Biológicas, em horários extras. Ele informou o local onde a chave do laboratório poderia ser localizada e sobre cuidados com os equipamentos a serem utilizados nas atividades investigativas.

Por último, a dimensão que falta a ser descrita é da **divisão de trabalho** que, no entanto, já foi abordada na caracterização do grupo investigado. A divisão do trabalho é determinada pela agenda de cada aula de investigação. Em geral, no grupo pesquisado, o que pôde ser observado é que todos se

dedicam aos procedimentos da investigação, sendo exceção, apenas, o fato de que Ana é a única responsável pela captura de formigas.

3.3. As aulas como momentos de produção e comunicação

Nessa seção será apresentada uma análise panorâmica das aulas da disciplina. Para realizá-la, utilizou-se os níveis da atividade humana proposto por Leontiev (1994 e 2004), conforme apresentado na seção 3.1. Com isso, a atividade é entendida como o projeto de investigação desenvolvido pelo grupo estudado. As aulas correspondem às ações, que estão diretamente relacionadas aos objetivos de cada aula de apresentação de projetos, realizada em sala de aula, e à cada aula de investigação, que acontece no laboratório. Como nas aulas em que os alunos realizaram diferentes tarefas. Essas ações são identificadas como ações complexas, portanto compostas por ações subordinadas. Essas ações subordinadas se relacionam a objetivos parciais que permitem contemplar o objetivo mais amplo proposto para cada aula.

Nesse sentido, são definidos dois níveis em que se podem investigar as situações de produção e de comunicação: o das ações complexas e o das ações subordinadas. Considerando esses dois níveis de análise, pode-se abranger o domínio ontogenético que permite descrever e analisar o desenvolvimento dessa investigação ao longo do semestre, pontuando aspectos e eventos importantes dos processos de produção e de comunicação da atividade do grupo investigado.

3.3.1. Mapeamento geral das aulas

Tendo em vista essas definições metodológicas, cada aula é tomada como uma ação complexa, entendida como um processo único, em que se pode constatar que os alunos estão orientados por certo objetivo. A partir dessa compreensão, foi construído o mapa geral das aulas, apresentado no quadro 6.

QUADRO 6

Aulas da disciplina e as ações complexas realizadas pelo grupo investigado

Aulas	Duração	Ação complexa	Ambiente
3	1:02:34 Grupo: 0:13:26	Apresentação do projeto de pesquisa: Informar sobre a questão de pesquisa, hipóteses e procedimentos da pesquisa	Sala de aula
4	1:33:47	Realização de ensaios experimentais: Verificar a existência de propriedade repelente da cebolinha sobre a formiga fantasma	Laboratório
5	1:44:18	Realização de ensaios experimentais: Verificar a existência de propriedade repelente do cravo da índia sobre a formiga fantasma	Laboratório
6	1:02:17 Grupo: 0:08:48	Apresentação dos projetos de pesquisa: Informar sobre os procedimentos da investigação, os resultados obtidos as dificuldades encontradas e avaliação do grupo sobre o andamento do projeto	Sala de aula
7	1:34:37	Realização de ensaios experimentais: Verificar a eficiência de extrato de cravo da índia, armazenado por duas semanas, quanto a capacidade de repelir as formigas fantasmas Avaliar características do extrato e analisar possibilidades de produção diferenciada	Laboratório
8	2:11:32	Realização de ensaios experimentais: Realizar ensaios experimentais com o extrato concentrado de cravo da índia para obter resultados sobre condições experimentais padronizadas	Laboratório
9	0:25:03	Realização de ensaios experimentais Verificar a influência da água na movimentação das formigas	Laboratório
10	1:19:13 Grupo: 0:22:05	Apresentação dos projetos de pesquisa Informar sobre o andamento do projeto destacando os procedimentos planejados para os próximos ensaios experimentais	Sala de aula
11	1:33:47	Realização de ensaios experimentais: Realizar ensaios experimentais com o extrato de cravo da índia com concentração de 25% v/v para obter resultados sobre condições experimentais padronizadas	Laboratório
12	1:36:42	Realização de ensaios experimentais Verificar a existência de propriedade repelente no extrato seco de cravo da índia	Laboratório
13	1:13:29 Grupo 0:11:11	Apresentação dos projetos de pesquisa Informar sobre o andamento do projeto informando os resultados dos testes, os problemas identificados e os possíveis passos da investigação	Sala de aula
14	1:44:07	Preparação de extratos de cravo da índia Preparar diferentes tipos de extrato de cravo da índia, com fixador e com óleo mineral, para verificar a volatilidade da substância repelente	Laboratório
15	1:55:32	Apresentação dos resultados da pesquisa Apresentar com o uso de <i>Banner</i> os resultados da investigação	Corredor do prédio

Neste mapeamento, foram excluídas as duas primeiras aulas da disciplina. A primeira aula, porque não foi filmada e a segunda, por se tratar de uma aula dada pelo técnico de laboratório. Contudo, para atingir objetivo principal das doze aulas apresentadas no mapa, os alunos se envolveram em

ações subordinadas que se orientam por objetivos parciais. Essas ações subordinadas são utilizadas para definir os episódios das aulas.

Em uma visão geral da disciplina, acompanhada durante o segundo semestre de 2009, destaca-se que as aulas aconteciam todas as quartas-feiras, com o início marcado para às dez horas da manhã e término previsto para às onze horas e quarenta minutos. Em semestres anteriores, os professores promoviam, numa semana, a aula de apresentação de projetos e, na outra, a aula em laboratório. Como no semestre em questão houve um atraso no início das aulas, a turma negociou com os professores, e com isso ficou estabelecido que, a cada duas aulas de investigação, aconteceria uma aula de apresentação de projetos.

Ao todo, nesse semestre foram realizadas quatro aulas de apresentação de projetos que ocorreram em sala de aula tradicional e oito aulas de investigação que foram realizadas no laboratório destinado à disciplina. Ao final do semestre, a última aula consistiu na apresentação dos resultados com o suporte de *banner*. A apresentação foi realizada em um corredor, próximo aos laboratórios do departamento de Bioquímica e Imunologia.

3.3.2. O desenvolvimento da atividade de investigação

Essa subseção traz uma análise de cada uma das 15 aulas do semestre. Essa apresentação pretende oferecer ao leitor uma visão panorâmica da história da atividade do grupo, evidenciando os principais eventos que a moldaram. Uma descrição mais completa das aulas filmadas – das aulas 3 a 14 - acompanhada pelos mapas de episódios pode ser encontrada nos anexos (ANEXO 3).

Aula 1

A primeira aula da disciplina aconteceu em sala de aula tradicional. Essa aula teve a duração aproximada de uma hora e quarenta minutos. No primeiro momento, o professor Carlos, responsável pela disciplina, falou sobre os problemas de horários que levaram ao adiamento do começo da disciplina para final do primeiro mês do semestre.

Posteriormente, ele apresentou a história, as regras, a agenda e os instrumentos de avaliação da disciplina. O professor informou à turma o horário reservado para as aulas e a possibilidade de utilização do laboratório, que é uma sala restrita ao curso de Ciências Biológicas, em horários extras. Ele ressaltou o local onde a chave do laboratório pode ser encontrada e os cuidados com os equipamentos que seriam utilizados nas atividades investigativas. Essas informações estão detalhadas nas subseções 3.2.2 e 3.2.3 em que são descritas a comunidade e as regras que orientam essa atividade.

O professor Carlos avisou que outros dois professores iriam acompanhar as atividades da disciplina: a Professora Vilma e o Professor Márcio. Eles não estavam presentes nessa aula devido a outros compromissos.

Após esse momento, os grupos foram convidados a apresentar o seu projeto para a turma. Ao todo, eram cinco grupos. O grupo constituído pelos sujeitos desta pesquisa foi o segundo a se apresentar. Todos os sete integrantes estavam presentes e se dirigiram à frente da sala para iniciar a apresentação.

Nessa apresentação, eles informaram que o interesse do grupo era o de pesquisar se extratos de cebolinha repelem a formiga-fantasma, espécie de formiga que pode ser encontrada em residências e hospitais. O grupo justificou que a escolha pela cebolinha se deve a conhecimentos de origem popular, mas que já encontraram artigos que atestam a presença da propriedade repelente para formigas em geral. O professor questionou se a formiga é encontrada com facilidade e o grupo descreveu as tentativas de se produzir um ninho, uma colônia para obtenção das formigas. Diante dessa impossibilidade, eles afirmaram que têm conseguido as formigas com o uso de uma isca. Eles descreveram a isca que consiste em um pão que, quando fica embebido em açúcar, torna-se repleto de formigas.

Ao final, com a apresentação de todos os grupos, o professor Carlos terminou a aula informando que na próxima semana haveria uma aula sobre

biossegurança e manuseio de equipamentos de laboratório a ser dada pelo técnico Rodrigo.

Aula 2

A segunda aula aconteceu no laboratório e contou com a presença da professora Vilma e do técnico de laboratório Rodrigo. Foi a primeira aula filmada e durou trinta minutos e dois segundos. Nessa aula, nenhum dos alunos do grupo investigado ou da turma fez alguma intervenção significativa. Eles se limitaram a ouvir a exposição do técnico; sendo, portanto, uma aula que não trouxe nenhum elemento significativo para o estudo das práticas epistêmicas.

O técnico de laboratório Rodrigo distribuiu um informativo com as normas do laboratório para cada estudante e apresentou uma exposição sobre os cuidados básicos para uma boa utilização do laboratório. Ele ressaltou a necessidade de planejamento e organização por parte dos grupos. Rodrigo se colocou à disposição para treinar o grupo no manuseio dos equipamentos.

Ele comentou sobre os cuidados e sobre os procedimentos para esterilização de materiais e pipetagem. A professora Vilma reforçou a explicação comentando acerca do acidente sofrido por uma aluna ao pipetar sem devida atenção. Rodrigo demonstrou o uso correto da pipeta e o procedimento de leitura do volume pipetado. Ele mostrou também o procedimento de pipetagem com pipetas automáticas.

Rodrigo ressaltou a importância da utilização correta e da responsabilidade dos grupos na limpeza da vidraria utilizada. Ele apresentou os principais equipamentos do laboratório e reforçou sua disposição em fornecer as informações prévias para o correto manuseio.

O técnico e a professora informaram sobre os procedimentos, horários para autoclavagem de materiais e reagentes. Quanto ao fornecimento de reagentes, Rodrigo solicitou planejamento e previsão para conseguir as substâncias em tempo hábil.

Ele avisou o seu horário de trabalho e se colocou à disposição para alguma questão. Nesse momento, surgiram perguntas sobre o horário disponível para o uso do laboratório. Ele informou que as restrições estão relacionadas ao regulamento da instituição que limita a entrada no prédio nos finais de semana e no período noturno noite. Excetuando esses horários, qualquer grupo poderia utilizar, em qualquer horário, o laboratório.

Finalizando a aula, Rodrigo convidou os alunos para irem conhecer a autoclave. A turma o acompanhou até uma sala onde se encontra o equipamento, e ele deu informações gerais sobre seu o funcionamento. Logo após esse momento, a turma foi dispensada.

Aula 3

A aula 3, a primeira que foi filmada, durou uma hora, dois minutos e trinta e quatro segundos. Ela consistiu em uma aula de apresentação do andamento de projeto, portanto, um momento de comunicação sobre a atividade. Como ainda os grupos não haviam desenvolvido tarefas experimentais, as apresentações dos projetos foram similares as que ocorreram na aula 1. Nessa aula, o professor Carlos estava ausente, e esse momento foi orientado e acompanhado pelos professores Márcio e Vilma.

Cada grupo se dirigiu à frente da sala, apresentou o seu projeto e foi questionado pelos professores Márcio e Vilma. O grupo de interesse dessa pesquisa foi o quinto e último grupo a se apresentar. Nessa apresentação, que durou treze minutos e vinte seis segundos, a ação complexa do grupo consistiu na apresentação do projeto de pesquisa com o objetivo de informar sobre a questão de pesquisa, as hipóteses e os procedimentos planejados. Para atingir o objetivo, eles realizaram mais oito ações que permitiram dividir a aula em oito episódios.

Nessa aula, percebe-se que o grupo se encontrava convicto de que a cebolinha apresentaria efeito repelente sobre a formiga-fantasma, representando um fato que seria comprovado sem grandes dificuldades. Nota-se também que alguns dos procedimentos da investigação que serão adotados pelo grupo já estão definidos. A convicção do efeito repelente e a definição dos

procedimentos parece se relacionar ao processo de construção do projeto no semestre anterior, fato que foi não acompanhado por este pesquisador. Destaca-se que os procedimentos planejados sofreram poucas alterações ao longo do semestre e a metodologia do trabalho do grupo foi praticamente a que foi apresentada na aula 3. Já a hipótese inicial e a questão de pesquisa do grupo não resistiu aos primeiros ensaios experimentais.

Aula 4

Essa aula, que foi acompanhada pela professora Vilma, é a primeira da disciplina em que foram realizados ensaios experimentais. As ações do grupo transcorreram em um período que durou uma hora, trinta e três minutos e quarenta e sete segundos. O objetivo principal dos alunos era realizar ensaios experimentais para verificar se a cebolinha tem propriedade repelente sobre a formiga-fantasma. A hipótese de que esse vegetal apresentava tal propriedade era dada como praticamente certa pelo grupo. Para executar a ação, o grupo se envolveu em vários processos que permitiram identificar vinte e oito episódios.

No primeiro momento, estavam presentes Thiago, Juan, Ana e Fabiana. Na bancada, pôde ser observado o aquário contendo terra, guardanapos e formigas-fantasma em grande quantidade, além de um pedaço de fórmica. As alunas Débora e Juliana foram buscar a cebolinha e demoraram em torno de dezenove minutos para chegar com esse material. A aluna Patrícia não foi à aula.

Essa aula foi determinante para os rumos da investigação. Nela, os alunos realizaram os dois primeiros ensaios experimentais, o primeiro com cebolinha *in natura* e o segundo com extrato desse vegetal. Nos dois experimentos, as formigas não se mostraram afetadas pela presença do vegetal, contrariando a hipótese inicial do grupo.

A aula permitiu o contato com as primeiras dificuldades para o desenvolvimento do projeto, o que resultou na substituição do artefato de armazenamento, transporte e de manipulação das formigas: o aquário foi trocado por pequenas embalagens plásticas. Essa aula implicou também na

redefinição da questão de pesquisa: a cebolinha foi abandonada, e, como opção para a sua substituição, foi sugerido o cravo da Índia.

Aula 5

A aula 5, que foi acompanhada pelo professor Carlos, durou uma hora, quarenta e quatro minutos e dezoito segundos. Nesse dia, o grupo de alunos tinha como objetivo verificar se o cravo da Índia teria propriedade repelente sobre a formiga-fantasma. Para atingir esse objetivo, o grupo se envolveu em diferentes ações subordinadas que permitiram organizar a aula em 24 episódios. Nessa aula, Juliana se ausentou, e Thiago chegou atrasado.

Nessa aula, percebeu-se que os procedimentos básicos de montagem e execução dos experimentos não se distanciaram muito do que foi planejado e apresentado na aula 3. Apesar de dificuldades iniciais, no quarto ensaio experimental, os alunos obtiveram um resultado significativo: o extrato de cravo da Índia apresentava ação repelente sobre as formigas-fantasma. Essa evidência empírica trouxe segurança para a continuidade da atividade investigativa, com a possibilidade de aprimoramentos para os ensaios experimentais. Além disso, os procedimentos de captura e manipulação das formigas foram estabelecidos. As formigas devem ser capturadas com iscas e colocadas em embalagens plásticas. Elas devem ser utilizadas nos ensaios experimentais na temperatura natural.

O quarto ensaio experimental permitiu também a identificação de três importantes variáveis para obtenção do repelente natural, que começaram a ser consideradas pelo grupo: i) a pigmentação amarronzada do extrato, algo indesejado para um produto que foi idealizado para aplicação em superfícies específicas como pias de cozinha; ii) a estabilidade da substância repelente; iii) a influência da água nos resultados obtidos pelo grupo. Essas variáveis serão objetos de discussões e considerações dos membros do grupo e dos professores em outras aulas.

AULA 6

A aula 6 aconteceu na sala de aula e foi conduzida pelo professor Márcio. A apresentação do grupo investigado foi a terceira e durou oito minutos e quarenta segundos. Ela pôde ser dividida em cinco episódios. Nessa aula, o grupo tinha como objetivo informar sobre o andamento do projeto com a exposição dos procedimentos da investigação, dos resultados obtidos nos ensaios experimentais, das dificuldades encontradas e de uma avaliação do que foi produzido até o momento. A aluna Fabiana não compareceu à aula.

Nessa aula, os alunos fizeram um relato da investigação descrevendo os procedimentos realizados e informando sobre os resultados obtidos com cebolinha e com cravo da Índia. Não houve questionamentos dos colegas ao grupo. Os questionamentos do professor permitiram ao grupo fornecer mais elementos para a descrição de seu trabalho e explicitar que variáveis foram consideradas. Quanto ao grupo, percebe-se que os resultados positivos do cravo da Índia trouxeram uma maior segurança, mas que, por não terem sido produzidos sob condições padronizadas e controladas – princípios caros à atividade científica – não foram anunciados como definitivos.

AULA 7

A aula 7 foi realizada no laboratório e durou uma hora, trinta e quatro minutos e trinta e sete segundos. Todos os membros do grupo estiveram presentes, apenas Thiago chegou atrasado. Essa aula foi acompanhada pelo professor Carlos e foi dividida em onze episódios.

Se na aula anterior o grupo expressou a expectativa de realizar testes mais elaborados e controlados, nesta aula, eles se depararam com um problema que os impossibilitava de realizar os experimentos planejados: Ana não conseguiu coletar formigas em número suficiente. A razão para tal insucesso se devia ao fato de que as formigas-fantasmas da casa de Ana começaram a sofrer ataques de outra espécie de formiga. Com o número reduzido de formigas, eles tiveram que abandonar o objetivo de começar a padronizar os procedimentos dos ensaios experimentais. Devido a essa limitação, o grupo passou a se dedicar a duas ações diferentes.

A limitação no número de formigas impediu também a realização de um teste com extrato seco aplicado na fórmica há duas semanas. Quando os alunos resolveram limpar a superfície, encontraram muita dificuldade para retirar as manchas. Essa dificuldade evidenciou que a coloração do extrato era uma variável mais significativa do que era imaginada anteriormente.

A primeira ação do grupo nessa aula foi a de verificar a existência de propriedade repelente do extrato de cravo da Índia armazenado há duas semanas. O teste seria importante para investigar a questão do tempo de duração do efeito repelente dessa substância. O segundo objetivo foi avaliar as características do extrato e a partir dessa avaliação analisar possibilidades de produção diferenciada desse líquido. Havia a expectativa de que seria possível isolar o pigmento responsável pela coloração do extrato e produzir um líquido mais claro ou transparente, e, portanto, mais adequado para um produto que seria aplicado em cozinhas.

Constata-se nesta aula que os alunos produziram o primeiro resultado quantitativo de seu projeto de investigação, o qual se refere à porcentagem de formigas que saíram, portanto que não foram repelidas pelo cravo da Índia, no ensaio experimental que utilizou o extrato armazenado por duas semanas. Esse resultado consta no artigo produzido pelo grupo e foi apresentado com um indício de que o extrato, quando guardado em recipiente fechado, mesmo após algum tempo, mantém a sua eficiência. O argumento será apresentado e utilizado como evidência em outros momentos dessa disciplina quando os professores questionaram sobre o tempo entre a preparação do extrato e a sua utilização nos ensaios experimentais.

AULA 8

Com duração de duas horas, onze minutos e trinta e dois segundos, a aula 8 também ocorreu no laboratório. O grupo estava completo e os professores Carlos e Márcio estavam presentes. A aula foi dividida em dezenove episódios. O grupo tinha por objetivo realizar ensaios experimentais com o extrato concentrado de cravo da Índia. Os ensaios deveriam ser

realizados em condições experimentais padronizadas. Diferentemente da situação da aula anterior, eles contavam com uma boa quantidade de formigas.

Nessa aula, a expectativa do grupo era obter dados que sustentassem a hipótese da existência de propriedade repelente do cravo da Índia sobre a formiga-fantasma e que pudessem ser considerados válidos e legítimos de acordo com os critérios que fundamentam uma investigação científica. Para o grupo, esse resultado poderia resultar na conclusão do projeto, já que eles ponderavam sobre a possibilidade de não conseguir capturar formigas em número suficiente para outras aulas.

Nessa etapa da disciplina, antes da realização dos ensaios experimentais o grupo pesquisado já apresentava: a) a convicção sobre a existência de propriedade repelente do cravo da Índia; b) o domínio das habilidades necessárias para a captura e manipulação das formigas, a produção do extrato, a montagem e realização do experimento e produção de dados. Além disso, contava com um bom número de formigas. Com essas condições favoráveis, nessa aula, o grupo se dedicou e se preocupou em realizar uma produção de dados empíricos respeitando critérios de legitimidade e validade que são importantes para a comunidade científica. Portanto, eles se preocuparam em padronizar os procedimentos do ensaio experimental (tempo, área de aplicação do extrato, contagem das formigas, cálculos do resultados, número de testes). Respeitando esses critérios, eles produziram os resultados que são encontrados no artigo em uma tabela em que são registrados o número total de formigas de cada teste, o número de formigas que atravessaram o halo, a sua porcentagem e a média dessas porcentagens: Teste 1: 14/149 (9,49%); Teste 2: 8/64 (12,5%); Teste 3: 12/148 (8,10%); Média% (10,03%).

Por causa da busca por um rigor na produção dos dados, o grupo ainda se mostrava receoso quanto ao papel da água na movimentação das formigas. A ponderação sobre o efeito da água foi feita na aula 5 e em outros momentos da investigação. Parece que uma das condições que favoreceu a realização do teste necessário para avaliar essa variável foi a mudança na agenda da

disciplina com a realização de mais aula de produção não prevista para a próxima semana.

AULA 9

A aula 9 foi realizada no laboratório e o grupo desempenhou as suas atividades em vinte e cinco minutos e três segundos. Nenhum professor acompanhou o grupo nesta aula. Com a exceção de Thiago, que se ausentou, os demais alunos objetivavam verificar se a água teria influência na movimentação das formigas e, por consequência, nos resultados obtidos nos ensaios experimentais anteriores. Para tanto, eles realizaram um teste-controle formando uma barreira composta de gotas de água. Essa ação complexa foi subdividida em cinco episódios.

Com esse teste, os alunos executaram um procedimento padrão da atividade científica que é a realização de teste-controle para descartar o efeito de variáveis nos resultados dos ensaios experimentais. Ressalta-se que a origem da necessidade desse teste está relacionada a uma problematização do professor Carlos em uma intervenção na aula 5, quando os alunos realizavam o primeiro teste com o cravo da Índia. Com a realização do teste-controle, o grupo obteve mais uma evidência empírica que sustentava os resultados obtidos na investigação e que os permitiu refutar os questionamentos dos professores quanto à possível influência da água na movimentação das formigas.

AULA 10

Na aula 10 ocorreu uma apresentação do grupo que durou vinte dois minutos e cinco segundos. Todos os integrantes estavam presentes, e apresentaram informações sobre o andamento do projeto, bem como quais seriam as ideias do grupo para os próximos ensaios experimentais. Os professores Carlos e Márcio estavam presentes nessa aula.

Essa foi a apresentação mais extensa do grupo. Uma explicação para a utilização de todo esse tempo se deve a um grande volume de informações sobre o projeto, já que os alunos haviam realizado cinco aulas de produção no

laboratório; o que os permitiu descrever com mais detalhes os procedimentos estabelecidos, dar mais informações sobre os elementos da pesquisa - como o cravo da Índia e as formigas-fantasma- e apresentar os resultados obtidos, assim como avaliações mais consistentes sobre o trabalho realizado. Outra explicação se relaciona a um momento de indefinição do grupo sobre os rumos de sua pesquisa e ao processo de condução realizados pelos professores tentando orientá-los. Então, nessa aula, os integrantes tiveram a oportunidade de expor as suas perspectivas, hipóteses, dúvidas e incertezas e receberam contribuições dos professores. Essas contribuições foram avaliadas pelo grupo e foram analisadas nas próximas etapas da investigação, nas quais o grupo faria os testes com extrato de concentrações menores e com extrato seco.

Ressalta-se que a partir dessa aula, o problema da volatilidade da substância repelente passou a ser considerado com mais atenção pelo grupo. Com isso, a constatação ou não dessa característica passou a orientar discussões e propostas de procedimentos para os próximos testes. Já as propostas de isolamento do eugenol e o teste *in loco*, apresentados nessa aula, não foram desenvolvidos. A primeira, por falta de condições materiais; e o segundo, provavelmente, por falta de tempo, já que o final do semestre estava próximo.

AULA 11

A aula 11 aconteceu no laboratório e as ações do grupo ocorreram no período que compreendeu uma hora e trinta, três minutos e quarenta e sete segundos. O grupo estava completo, e o professor Carlos acompanhou a turma. Nessa aula, os alunos se dedicaram a realizar ensaios experimentais com extrato de cravo da Índia em concentração de 25% v/v. Essa aula foi dividida em doze episódios.

Nessa aula, observou-se que houve novamente uma preocupação do grupo em produzir dados a partir de evidências empíricas sob condições padronizadas e controladas. Com isso, esperava-se obter um resultado que poderia ser considerado legítimo e válido pela comunidade representada pelos professores e pelos colegas da disciplina. Nessa etapa da disciplina, os alunos

avaliavam que as suas ações já tinham fornecidos dados suficientes para atender à necessidade de produção dos trabalhos da disciplina, algo que garantiria a aprovação do grupo, uma das necessidades da atividade. Esses resultados, e os obtidos na aula 9, foram apresentados da seguinte forma no artigo:

a3. “Os resultados permitem inferir que *Eugenia caryophyllata* apresenta atividade repelente sobre formigas *Tapinoma melanocephalum*, apresentando em média 90% e 84% de eficiência quando aplicado nas respectivas concentrações C1((100%)) e C2((25%)). Essa porcentagem aproxima-se às porcentagens de eficiência de repelentes comerciais, como repelentes a base de dietiltoluamida (DEET) que apresentam entre 80% e 95% de eficiência em sua concentração não tóxica.”

Mesmo com os resultados que os propiciou cumprir os requisitos para a aprovação na disciplina, o grupo se mostrou determinado a prosseguir com suas ações para aprimorar o projeto, a fim de obter o repelente natural que poderia ser utilizado em ambientes domésticos. Com isso, percebeu-se que, para esse grupo, a atividade de investigação desenvolvida na disciplina não estaria somente relacionada ao cumprimento de tarefas escolares, mas há um compromisso com a geração de uma solução para um problema que os inquietava.

Ressalta-se que, excetuando a aula 9, também realizada no laboratório, mas que envolveu apenas a execução de um teste-controle, essa foi a aula de produção em que se percebeu o menor número de episódios. Em um panorama geral, as ações que se desenvolveram nessa aula envolveram um menor número de discussões sobre os procedimentos a serem adotados, fruto provável da clareza do objetivo principal definido pelo grupo, da padronização dos procedimentos e do domínio das habilidades pelos membros do grupo. Dessa forma, as tarefas foram realizadas de forma mais automática, propiciando um maior número de interações sobre assuntos informais do que pôde ser observado nas aulas anteriores.

AULA 12

A aula 12 durou uma hora, trinta e seis minutos e quarenta e dois segundos. Ela foi dividida em vinte e dois episódios e contou com a presença

do professor Márcio. O grupo, que estava completo, tinha como objetivo realizar experimentos nos quais pudessem verificar a existência de propriedade repelente após a secagem do extrato de cravo da Índia aplicado sobre uma superfície.

O teste com extrato seco já tinha sido proposto na aula 5, o que poderia ter sido realizado na aula 7. Na aula 5, o grupo tinha deixado a fórmica suja com o extrato e pretendia, na aula 7, quinze dias depois, realizar um teste com as formigas com objetivo de verificar a duração do efeito repelente. No entanto, devido ao número reduzido de formigas capturadas para a aula 7, o grupo mudou os seus planos e não realizou o teste planejado.

Nessa aula, foram realizados dois experimentos que não tiveram resultados inesperados pelo grupo. No primeiro, eles aplicaram com algodão o extrato no formato de um grande retângulo e ventilaram para acelerar o processo de secagem. Quando as formigas foram colocadas sob a fórmica, elas atravessaram a barreira de extrato seco. No segundo experimento, eles aplicaram o extrato na metade da fórmica e ventilaram para secar mais rápido. O grupo soltou as formigas na metade sem extrato para verificar se elas se evitariam ou não se deslocariam até a região onde foi aplicado o extrato. As formigas circularam livremente pela fórmica.

Com os resultados do teste, os alunos foram desafiados a repensar novas alternativas para lidar com hipótese da volatilidade da substância. Eles consideraram a sugestão da utilização do fixador na produção do extrato de cravo da Índia. O grupo montou um outro ensaio experimental que foi realizado no dia seguinte.

Os experimentos dos dias posteriores não foram filmados e nem acompanhados pelo pesquisador, portanto segue o relato encontrado no relatório de atividades do grupo:

a 4.”Outros testes utilizando o extrato seco foram feitos, porém com gotas (formando o retângulo). O primeiro deles foi realizado utilizando gotas do extrato de concentração 100% que secaram durante 24 horas. Após aproximadamente 9 minutos, todas as 29 formigas iniciais haviam saído da área delimitada. O segundo experimento foi executado fazendo uso

de gotas de um extrato com a mesma concentração do procedimento anterior, porém secaram por apenas 4 horas. Cerca de 3 minutos depois, todas as 35 formigas presentes ultrapassaram o retângulo.”

AULA 13

A aula 13 foi a última aula de apresentação da disciplina. Os professores Márcio e Carlos estavam presentes e o grupo estava completo. Após a apresentação de dois outros grupos, eles iniciaram a exposição com objetivo de informar sobre os resultados obtidos nos últimos ensaios experimentais. Essa apresentação do grupo durou nove minutos e onze segundos.

De forma similar às outras apresentações, aula 6 e aula 10, o episódio 1 foi iniciado com uma descrição dos procedimentos realizados pelo grupo nas últimas aulas. Ele informou os resultados obtidos nos ensaios experimentais com as concentrações cem por cento e vinte e cinco por cento. Esses resultados eram avaliados como aqueles que lhe permitiam confirmar a propriedade repelente no cravo da Índia. Os componentes do grupo descreveram os diferentes ensaios experimentais realizados com o extrato seco que foram feitos para verificar a viabilidade do mesmo como um produto doméstico. Eles comunicaram que, nos resultados encontrados pelo grupo, as formigas não se mostravam afetadas pelo extrato seco, apontavam para a hipótese da substância pesquisada ser volátil.

Diante dos problemas enfrentados pelo grupo, no episódio 2, ocorreu uma discussão sobre as limitações da investigação. Nessa discussão, o grupo e os professores retomaram os problemas da coloração do eugenol que dificultaria a adoção desse extrato como um produto para ser utilizado em uma residência e também a questão da duração do efeito da propriedade repelente. Os professores sugeriram a utilização de um fixador de aroma e de um solvente hidrofóbico para a produção do extrato. Esse episódio e a apresentação se encerrou com o grupo afirmando que iria investir na busca de uma forma de fixação.

Nesse dia, foi possível obter o registro de um momento peculiar, pois quando terminaram as apresentações dessa aula, os integrantes do grupo se

reuniram na sala para discutir sobre os procedimentos a serem adotados na próxima e última aula de produção da disciplina. Esse episódio durou nove minutos e quarenta seis segundos. Eles se propuseram a obter e utilizar um fixador de perfume e comentaram sobre a possibilidade da produção do extrato com óleo mineral. Eles aproveitaram para discutir sobre a produção do trabalhos da disciplina comentando sobre que elementos deveriam compor o banner, o artigo e o relatório. Eles definiram os compromissos do membros do grupo com cada uma das tarefas. Nesse episódio, o grupo também consultou o professor Carlos sobre a viabilidade de utilizar o óleo mineral como solvente devido ao fato de o eugenol ser um óleo. O professor confirmou essa possibilidade e eles passaram a discutir como utilizar tanto o óleo como o fixador na produção do extrato.

AULA 14

A aula 14 é a última aula de produção da disciplina. Ela durou uma hora e quarenta e quatro minutos e sete segundos e foi dividida em quinze episódios. O grupo que estava completo tinha como objetivo preparar dois extratos de cravo da índia, com o uso de fixador e de óleo mineral, para verificar a volatilidade da substância repelente. Essa ação do grupo foi acompanhada pelos dois professores.

O ensaio experimental foi realizado no dia posterior e não foi filmado ou acompanhado pelo pesquisador. Seguem as informações encontradas no relatório de atividades.

a. 5. “Foi feito um extrato de concentração 100% de cravo-da-índia com fixador (comum, comprado em perfumaria) e um segundo com a mesma massa de cravo (4,91 gramas) usada na concentração 100%, com óleo mineral (já que a substância é volátil é hidrofóbica). O retângulo foi formado fazendo uso desses dois extratos simultaneamente (metade com um extrato e a outra metade com o segundo extrato). Depois de inseridas as formigas dentro da área e passados os 10 minutos, do total de 50 formigas, 25 saíram pelo lado do fixador e 2 através do óleo. Os resultados, em especial, o obtido pelo extrato cravo + óleo mineral, foi muito satisfatório, porém devido ao pouco tempo para a realização do projeto, esse teste não pôde ser repetido, impedindo uma conclusão mais concreta.”

Com essa aula, o grupo encerrou as tarefas de produção sem poder confirmar ou não a hipótese da volatilidade da substância repelente e sem conseguir obter um produto repelente natural próprio para ambientes domésticos. Com o final do semestre e de posse dos resultados obtidos nas aulas 7, 8, 9 e 11, os alunos se dedicaram à produção dos trabalhos finais da disciplina. Isso possivelmente os impediu de explorar melhor as últimas alternativas testadas, o uso do fixador e do óleo mineral, lidando com os problemas que podem ter influenciado nos resultados que foram obtidos.

AULA 15

Conforme programado, a última aula da disciplina consistiu em uma exposição de banners para o departamento de Bioquímica e Imunologia de todos os projetos desenvolvidos ao longo do semestre na disciplina. Essa exposição ocorreu no corredor próximo a uma copa na qual os funcionários, professores e alunos de pós-graduação fazem os seus lanches. Todos os alunos da disciplina estavam identificados com crachás e cada grupo recebia a visita de professores e de pós-graduandos que seriam responsáveis por uma avaliação.

Em um período de uma hora cinquenta e cinco minutos e trinta e dois segundos, o grupo investigado fez seis apresentações. A primeira apresentação foi para uma aluna da pós-graduação, depois fizeram três apresentações para colegas da turma. A quinta apresentação foi para o professor Carlos. Foi uma exposição longa com o professor interrompendo a todo momento a apresentação do grupo pedindo esclarecimentos e dando explicações a partir dos erros percebidos. A sexta e a última apresentação foi para o professor Márcio. Como ele alegou conhecer bem o projeto, pediu para o grupo centrar a apresentação nos resultados. O professor questionou e criticou o grupo sobre a ausência dos resultados dos testes realizados com o extrato seco, fixador e óleo mineral¹⁹. Nesse momento, ele orientou o grupo sobre a forma mais adequada para a montagem do banner e também deu

¹⁹ Esta interação será apresentada com mais detalhes na próxima subseção.

informações sobre como os resultados dos testes devem ser apresentados no artigo, material avaliativo que será entregue na próxima semana.

3.3.3. Um olhar sobre as aulas de comunicação e de produção

Após a apresentação da história da atividade do grupo, na qual foram evidenciados os principais eventos que a moldaram, nesta subseção serão apresentadas algumas reflexões acerca de características da disciplina e conseqüentemente sobre o trabalho do grupo de alunos. Essas reflexões abrangem a natureza do problema pesquisado e uma avaliação da atividade do grupo feita por um dos professores. Além disso, serão ressaltadas as características da linguagem utilizada tanto nos momentos de comunicação como nos de produção oportunizados pela organização da disciplina.

Analisando o ambiente de aprendizagem da disciplina e o engajamento do grupo, considera-se que a atividade desenvolvida por esse grupo se caracteriza como experiência de ensino de ciências por investigação, desenvolvida com grande autonomia, porque os integrantes se dedicaram ao estudo de um problema autêntico: produzir um repelente natural contra formigas-fantasma. Esse problema propiciou ou exigiu uma postura de pesquisa por informações conceituais e metodológicas, fomentou discussões e possibilitou o enfrentamento das contradições e de problemas na atividade de investigação. As soluções propostas tiveram origem em conhecimentos tradicionais, mas foram investigadas segundo preceitos da metodologia científica.

Por exemplo, se em princípio, nas aulas 1, 2 e 3, estava claro para o grupo que a cebolinha teria propriedade repelente, na primeira aula de experimentação, a aula 4, essa certeza foi confrontada com as evidências empíricas, pois as formigas não se mostravam afetadas nem pela cebolinha *in natura* e nem pelo seu extrato. Procurando um novo rumo, o grupo investiu no cravo da Índia, uma ideia que também teve sua origem no conhecimento tradicional. Juan tinha o hábito de dispor cravos da Índia em volta dos bolos que cozinhava na sua residência. Esse hábito tinha por objetivo afastar as formigas do seu bolo. Entretanto, mesmo com os resultados positivos obtidos

nas aulas 5, 7, 8, 9 e 11 e seguros quanto ao fato de que o extrato de cravo apresentava propriedade repelente sobre formigas-fantasmas, o grupo seguiu problematizando e lidando com dificuldades e identificando variáveis que fomentavam a continuidade da atividade na busca da obtenção de um repelente natural para as formigas-fantasma.

Ao final da atividade, devido tanto às limitações de infra-estrutura quanto ao término do semestre, constatou-se que a produção de um repelente natural não foi obtida. O desafio que moveu o grupo ainda se encontrava aberto a novas possibilidades de estudo, marcas típicas de um bom problema autêntico.

Uma avaliação interessante sobre toda a atividade do grupo foi oferecida pelo professor Márcio na aula 15, a última aula da disciplina. Como mencionado na última subseção, durante a apresentação do banner, o professor pediu ao grupo para falar apenas sobre os resultados, pois afirmava já conhecer todo o trabalho do grupo. Durante a exposição, não se mostrando satisfeito, ele iniciou uma discussão.

Professor Márcio: E o restante das coisas(?) Vocês fizeram muito mais coisas do que isso/ não foi(?)
Débora: Fez/ mas deu errado.
Professor Márcio: O que que deu errado(?) O que que deu errado(?)
Patrícia: É resultado/ só que é resultado que não((incompreensível))
Thiago: Mas um caminho para ser seguido/ agora não eram resultados que a gente poderia assim/ agora esse aqui ((resultados apresentados no banner)) a gente fez três testes//
Fabiana: Esse foi o mais controlado//

A partir dessa intervenção do professor, o grupo sinalizou parcialmente os critérios que os levaram a escolher os resultados que foram apresentados no banner. Esses resultados se referiam apenas aos testes realizados na aula 8 (com extrato de cravo a cem por cento), na aula 9 (teste controle com água) e na aula 11 (com extrato de cravo da Índia a vinte e cinco por cento). O grupo justificou a escolha desses resultados por terem sido feitos sob condições padronizadas e controladas. A discussão continuou e o professor expôs mais elementos que sustentavam as suas críticas.

Professor Márcio: Eu acho o seguinte agora/ o grupo de vocês foi um dos melhores grupos/ fizeram tudo/ todo mundo participou/ eu vi todo mundo/ tava todo mundo presente/ diferente de outros grupos que não estavam todo mundo/ enfim/ vocês ficaram presentes/ então tá resolvido a minha

nota/ vocês fizeram o teste com o pincel/ vocês fizeram o teste com espalhado/ teve gente que mostrou resultado negativo de coisa que não deu certo/ o fixador que deu (?) Vocês fizeram com óleo para evaporar/ sem evaporar/ não teve um negócio assim (?) Cadê (?) Eu entendo a preocupação de vocês/ agora uma pessoa que não acompanhou vocês/ vai achar que fizeram pouca coisa.

Nesse turno, o professor Márcio trouxe uma avaliação importante relacionada ao trabalho desses alunos. Comparando com outros grupos da turma, ele destacou o envolvimento de todos os integrantes nas aulas de produção e também lembrou as alternativas testadas: o teste com extrato seco, com fixador e também com óleo mineral. Ele sinalizou que o grupo obteria uma boa nota, e que esta não estava relacionada a um resultado, mas ao desenvolvimento de toda a atividade. Essa avaliação do professor Márcio se mostra coerente com o discurso do professor Carlos. Na entrevista, o professor Carlos enfatizou que um dos objetivos da disciplina é que os alunos manifestem criatividade e uma postura de busca de soluções para os problemas encontrados. Em sua avaliação, o professor Márcio ressaltou que essas características esperadas foram observadas na atividade do grupo.

Entretanto, o professor Márcio considerou que a forma de apresentação escolhida não foi adequada, pois não permitiu que o grupo mostrasse todas as ações realizadas durante o semestre. Ele acreditava que isso poderia dar uma falsa impressão para um avaliador que não teve acesso às situações de produção da disciplina. Esse avaliador poderia considerar que o grupo realizou uma atividade muito simples e que eles fizeram pouca coisa para obter os resultados necessários para a aprovação na disciplina.

Então, ele deu sugestões para uma melhor apresentação considerando que essa situação de apresentação de banner se relacionava a um processo de aprendizado e tinha como objetivo explicitar o trabalho do grupo durante o semestre. Ressalta-se, porém, que essa orientação deveria ter sido dada em um momento anterior à produção do banner, pois certamente iria ajudar a turma na confecção do suporte. Márcio também explicitou que os alunos poderiam incluir, nessa apresentação, dados sobre a produção do conhecimento científico que foram excluídos pelos próprios alunos.

Thiago: Só se colocasse como perspectivas.

Professor: Que seja/ perspectivas/ ou resultados preliminares já alcançados mas não ainda validados/ testados/ estou falando isso por isso é uma apresentação/ isto não é trabalho que vai ser publicado em um congresso/ tá certo se fosse em um congresso você não queria colocar alguns resultados que você//

Ana: Não tem certeza//

Professor: e para alguém em uma iniciação científica(?) você quer mostrar que/ olha eu estou trabalhando bem/ já fizemos isso/ isso/ só que agora vamos repetir com esse grau de precisão/ três vezes em triplicata/ bem feito/ vocês vieram todos os dias trabalharam todos os dias//

Ana: É a gente tem bastante teste/

Professor Márcio: e esse resultado que vocês fizeram/ esse foi feito nos primeiros ((ensaios experimentais)) /no meio ((do semestre))//

No último turno, o professor Márcio explicitou uma impressão compartilhada pelo autor desta tese e que também acompanhou a atividade do grupo: o envolvimento do grupo não se limitou ao cumprimento de requisito para a aprovação da disciplina, ou seja, obter resultados confiáveis para a produção dos trabalhos escritos, algo já obtido na aula 11. Em todas aulas e até o último ensaio experimental na aula 14, os estudantes do grupo investigado se mostraram empenhados nas ações de investigação, estimulados também por um motivo que extrapolava os limites da situação escolarizada. Esse motivo era a produção do repelente natural que os impulsionava para o investimento na proposição e execução de alternativas que resultaram em transformações e deram a essa atividade um caráter de aprendizado contínuo (ENGSTRÖM, 2002).

Nesse ponto, percebe-se a ambiguidade que permeou a atividade dos alunos que vivenciavam uma situação escolar que pretende simular atividade científica. Os motivos escolares, ou seja, serem aprovados na disciplina, às vezes conflitavam com os que se relacionavam à construção de um conhecimento científico que ultrapassava a esfera escolar: a fabricação do produto repelente. Os dois motivos estimularam a atividade, entretanto percebe-se que o motivo que extrapolava a situação escolarizada impulsionou o grupo a enfrentar muitos desafios com pesquisa, criatividade e diálogo.

Outro ponto a ser ressaltado se refere à agenda da disciplina que estabelece aulas distintas, configurando situações específicas para a comunicação e outras para a produção do conhecimento científico escolar.

Magnusson et al (2006) argumentam que um ambiente de aprendizagem que pretende favorecer a apropriação do discurso e das práticas científicas deve simular a esfera de produção que envolve as tarefas da comunidade de bancada e a esfera da comunicação que abrange os processos de difusão de informações produzidas na atividade científica. Nesse ambiente de aprendizagem adequado para o ensino de ciências por investigação, os estudantes poderiam desempenhar afazeres que envolveriam um engajamento físico com elementos da investigação (*hands-on*), mas também estariam envolvidos em conversações nas quais dados, argumentos e procedimentos poderiam ser apresentados, defendidos e questionados.

A disciplina investigada traz essa configuração que reflete a natureza dual da atividade científica (LATOUR E WOOLGAR, 1997). Nas aulas de produção, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12 e 14, que aconteceram no laboratório, os alunos em pequenos grupos tiveram a oportunidade de trabalhar com a utilização de diferentes artefatos na resolução dos mais diferentes problemas.

No episódio 2 da aula 4, tem-se uma interação do grupo investigado, típica dos momentos de produção, principalmente nas primeiras aulas. Nesse momento, parte do grupo realizava testes com as formigas com o objetivo de observar a movimentação desses animais sobre a fórmica. Eles retiravam algumas formigas do aquário utilizado para mantê-las. Essas formigas eram colocadas sobre a superfície que seria utilizada nos experimentos. Os alunos observavam e comentavam. Essa interação será apresentada em duas colunas: a transcrição sem comentários do produtor das transcrições de um lado e, do outro lado, com os comentários.

Thiago: Ana/ pega um negócio	Thiago: Ana/ pega um negócio((incompreensível))
Ana: O que(?)	Ana: O que(?)
Thiago: Alguma coisa com açúcar.	Thiago: Alguma coisa com açúcar ((para servir de estímulo às formigas)).
Ana: Tem aqui dentro/ enfia a mão aí e pega assim	Ana: Tem aqui dentro ((mostrando o aquário))/ enfia a mão aí ((dentro do aquário)) e pega assim ((gesticula mostrando o gesto)).
Thiago: Aí vai vem formiga demais.	Thiago: Aí vai vem formiga demais.
Juan: O que vocês querem fazer aí (?)	Juan: O que vocês ((se refere a Fabiana e Thiago)) querem fazer aí ((com as formigas sobre a fórmica))(?)
Ana: Tem uma meio aqui em cima.	Ana: Tem uma ((formiga)) meio aqui ((aquário)) em cima ((de um guardanapo)).
Juan: Mas se uma fugir(?)	Juan: Mas se uma ((formigas)) fugir(?)
Thiago: Tava aqui e veio andando para cá / oh (!) viu((?))	Thiago: Tava aqui ((aponta um lado da fórmica)) e veio andando para cá ((aponta outro lado da fórmica))/ oh (!) viu((?))
Ana:O objetivo é o seguinte/ eu peguei essas formigas ontem à noite/ mas eu se pegar elas com um dia de antecedência/ eu posso sacudir tentar tirar essa isca/ para a gente poder usar essa isca / entendeu(?)	Ana:O objetivo é o seguinte/ eu peguei essas formigas ontem à noite/ mas eu se pegar elas ((as formigas)) com um dia de antecedência/ eu posso sacudir tentar tirar essa isca ((o guardanapo com açúcar))/ para a gente poder usar essa isca ((o guardanapo com açúcar))/ entendeu(?)
Thiago: Pô (!) Muito doido/ ela tava aqui/ eu botei esse ela começou//	Thiago: Pô (!) Muito doido/ ela ((a formiga)) tava aqui ((aponta um lado da fórmica))/ eu botei esse ((guardanapo com açúcar)) ela começou//
Fabiana: Vão por as outras do outro lado para ver se elas saem	Fabiana: Vão por as outras ((formigas)) do outro lado ((da fórmica)) para ver se elas ((as formigas)) saem
Thiago: Aí você ((se refere a Fabiana)) botou isso aqui ((um pouco de açúcar)) ela ((a formiga)) veio andando para cá ((para um lado da fórmica)).	Thiago: Aí você ((se refere a Fabiana)) botou isso aqui ((um pouco de açúcar)) ela ((a formiga)) veio andando para cá ((para um lado da fórmica)).

Nessa interação, identifica-se uma sequência dialogal em que os alunos se comunicavam com turnos de fala pequenos e por meio de gestos dêiticos que faziam referência aos artefatos da investigação e à movimentação das formigas. Esses artefatos estavam ao alcance de todos que participavam dessa observação, portanto, alguns elementos e eventos não precisavam ser explicitados verbalmente para a compreensão do grupo. Entretanto, observa-se que o produtor da transcrição precisou empregar muitos comentários sobre a situação extra-verbal para favorecer o entendimento do leitor.

Essa interação também é marcada por uma linguagem mais próxima da que é empregada no cotidiano, com os alunos utilizando expressões como: "...pega um negócio..."; "Pô! Muito doido". Nesse segmento, constata-se a interrupção dos turnos de colegas por intervenções que podiam estar

relacionadas ao assunto do turno ou a outro assunto da atividade. Observe que, nessa interação, os alunos também estabeleciam especulações informais sobre os fenômenos observados, propondo hipóteses e alternativas diversas para a investigação.

Essa interação será utilizada para exemplificar algumas características peculiares dessas situações de produção. Com isso, não se afirma que todas as interações das aulas de produção aconteciam de forma semelhante. Inclusive, como será demonstrado e explicado na próxima subseção, no decorrer da investigação, as interações entre os membros do grupo passaram a versar cada vez mais sobre assuntos informais e alheios à atividade de investigação. Ao contrário do que pode parecer, esse descolamento do discurso dos alunos das condições de produção não demonstrava uma ausência de engajamento, mas sim uma evidência de que os alunos dominavam os procedimentos que realizavam de forma automática. Além disso, em alguns episódios das aulas de produção, os integrantes do grupo fizeram relatos aos professores e colegas que tinham características muito semelhantes às interações encontradas nas aulas de comunicação. As características das interações das aulas de comunicação serão apresentadas a seguir.

As aulas de comunicação 3, 6, 10 e 13, que ocorreram na sala de aula, foram marcadas por apresentações sobre o andamento do projeto. Elas são vistas pelos professores como uma forma de estimular o trabalho dos grupos que precisam sempre trazer elementos para a discussão, o que pode evidenciar o ritmo da atividade do grupo e o empenho dos estudantes com o seu projeto. Além disso, essas aulas são entendidas pelos professores como momentos de reflexão coletiva e de diálogo produtivo, nos quais os alunos têm oportunidades de compartilhar informações e aprender com os desafios, as dificuldades e as soluções encontradas por cada grupo. Entretanto, no semestre investigado, se percebe pouco envolvimento dos alunos dessa turma com as aulas de comunicação. Os alunos fizeram poucas intervenções nas apresentações dos trabalhos de outros grupos e, quando os professores

abriram espaços para questionamentos ao grupo que apresentava, o resultado mais frequente era que ninguém fazia nenhuma pergunta ou sugestão.

Como já mencionado em subseções anteriores, a maioria dos grupos era composto por 6 ou 7 estudantes, mas, em geral, essas apresentações ficavam na responsabilidade de poucos integrantes do grupo. No grupo investigado, essa incumbência era principalmente de Juan, que era auxiliado por Ana e Thiago.

Uma interação típica desse momento de comunicação será apresentada a seguir para explicitar algumas de suas características. Essa interação ocorreu na aula 6, no episódio 1, quando os alunos já tinham realizado os ensaios experimentais com cebolinha e também com cravo da Índia. Juan começou a apresentação do grupo, mas Thiago assumiu essa tarefa ao perceber que o colega se mostrava confuso.

Juan: A gente é o grupo da cebolinha que ia tentar com formiga/ mas não é mais cebolinha//

Thiago: Mas tem que explicar antes porque//

Juan: A gente tentou com cebolinha não deu certo/ as formigas não/ tem propriedade repelente/ pelo menos a espécie que a gente fez e todas passavam pela barreira de cebolinha/ inclusive ela macerada/ ela picada/ ela inteira.

Thiago: A gente fez dois experimentos com cebolinha ((vira para o quadro)) pegando uma tábua assim retangular ((sinaliza com o dedo no quadro)) uma fórmica/ a gente passou álcool e aí fez o primeiro teste/ a gente pegou cebolinha/ picamos e fizemos um círculo assim ((sinaliza no quadro)) ao redor de um aquário com as formigas/ aí a gente deu estímulo físico/ a gente balançou para as formigas saírem/ só que todas as que saíram do aquário/ praticamente todas passaram pela cebolinha/ subiram/ andaram/ passaram por baixo ((risos da turma))

Professor: Comeram a cebolinha também(?)

Thiago: Aí não sei/ mas todas passaram/ todas que passaram/ a gente/ a gente tinha colocado um esparadrapo aqui ((aponta para o quadro)) para elas serem pregadas/ mas elas não pregavam/ porque elas não andaram no esparadrapo.

Ana: Não fita crepe.

Thiago: É fita crepe (!) Aí a gente matava todas elas e contamos/ aí deu cerca de vinte e cinco.

Professor Márcio: Vinte cinco o que (?)

Thiago: Formigas/ mas a gente não tinha quantificado como esse era um teste preliminar/ a gente não tinha quantificado quantas formigas tinham no aquário/ mas de qualquer maneira todas que saíram do aquário conseguiram sair/ todas que saíram do aquário passaram pela cebolinha/ então a gente considerou que não tinha propriedade alguma/ a gente testou depois com água/ maceramos cebolinha com água e fizemos a mesma coisa/ um círculo assim ((sinaliza no quadro)) com gotas para deixar espaço físico para elas passarem e o resultado foi igual.

Nesse segmento, identifica-se uma sequência descritiva em que Thiago procurou apresentar as etapas da atividade do grupo de uma forma temporal e linear. Ele descreveu o primeiro ensaio experimental com cebolinha *in natura*, informou os seus resultados e descreveu como as formigas eram contadas. Depois, ele descreveu o segundo ensaio experimental em que foi utilizado o extrato de cebolinha e também informou os seus resultados.

Nessa descrição das etapas dos primeiros testes, Thiago exibiu um comportamento que era frequente nas aulas de comunicação: os seus turnos de fala são maiores e mostram uma linguagem mais planejada e formal do que os que empregava nas aulas de produção. Esse cuidado com a linguagem evidencia uma preocupação com a coerência e uma intenção de favorecer a compreensão dos ouvintes. Além disso, pode-se perceber uma preocupação em delimitar as condições de produção para atenuar ou orientar a avaliação dos professores e dos colegas. Para isso, ele destacou que os testes eram preliminares.

Como seria esperado, esse tipo de sequência descritiva também é encontrada nos primeiros episódios das outras aulas de apresentação, 10 e 13, quando os alunos apresentavam o andamento da investigação e descreviam os procedimentos realizados nas aulas anteriores que eram de produção.

Além disso, nessas aulas, constatam-se sequências dialogais desencadeadas por perguntas de esclarecimento feitas principalmente pelos professores, como pode ser observado na interação abaixo, que ocorreu também no primeiro episódio da aula 6.

Juan: A gente teve a ideia de começar fazer com o cravo da índia/ melhorou/ porque no começo não tava dando certo com o cravo da índia inteiro/ mas tava pelo menos melhor que a cebolinha ainda/ passava menos.

Professor Márcio: Qual que foi a diferença entre um ((o teste com cebolinha)) e outro ((o teste com o cravo da índia)) (?)

Thiago: A gente/ a gente//

Professor: Do cravo/do cravo/mesmo que seja sem macerar/ com a cebolinha/ o que vocês viram que foi diferente (?)

Ana: Passaram menos ((formigas pela barreira formada pelo cravo da índia))

Thiago: A gente tinha menos formigas também/ mas proporcionalmente/ ainda sim foi bem melhor.

Ana: É foi menos.

Juan: Agora em consideração/ a gente fez extrato do cravo da Índia com água destilada/ e foi milhares de vezes melhor do que o cravo inteiro.

Professor: Aí as formigas não passaram(?)

Juan: Não passaram.

Thiago: Todas elas estavam aqui ((sinaliza no quadro)) andando no meio ((da fôrmica)) e com extrato com gotas assim ((sinaliza representando uma região em que foi aplicado o extrato))/ acho que duas passaram ((pelo extrato de cravo da Índia)) e umas trinta ficaram aqui no meio/eu acho.

Patrícia: Vinte e três/ eu acho.

Thiago: É vinte três.

Nesse segmento, verifica-se que as perguntas do professor suscitaram uma comparação entre os resultados obtidos a partir de diferentes ensaios experimentais. Com isso, ele auxiliou o grupo a apresentar os dados de forma mais articulada e trazendo mais evidências empíricas para comprovar que os resultados com cravo da Índia se revelavam mais promissores para o desenvolvimento da investigação.

Outro exemplo de intervenção do professor que desencadeia uma sequência dialogal nas aulas de comunicação pode ser encontrada também na aula 6, mas no episódio 2.

Professor Márcio: E quanto tempo que vocês prepararam o ((extrato)) cravo da Índia(?) Por quanto tempo o cravo da Índia ficou macerado antes de vocês//

Ana: Foi rapidinho/ foi na hora assim/ a gente guardou o que sobrou ((do extrato))

Patrícia: Para ver se ainda tem ((efeito repelente))//

Professor Márcio: Vocês guardaram(?) Vocês guardaram ele ((o extrato)) macerado em água ou só macerado(?)

Ana: Macerado ((comentários simultâneos do grupo)) a gente filtrou ele ((o macerado)).

Professor Márcio: Fez o que (?)

Juan: A gente macerou/ fez//

Professor Márcio: Com água/ você filtrou e tirou o sobrenadante e ficou só o líquido (?)

Ana: Isso.

Nessa interação, percebe-se que o professor continuou com perguntas de esclarecimento com o objetivo de que o grupo incorporasse mais elementos à descrição dos procedimentos investigativos. Nesse momento, ele pretendia que os alunos descrevessem com mais detalhes o processo de produção do extrato de cravo da Índia. Na sequência desse diálogo, ele fez mais um questionamento.

Professor Márcio: Vocês acham que esse líquido ((o extrato de cravo da Índia)) vai continuar tendo atividade ((propriedade repelente)) daqui algum tempo(??)

Ana: Inclusive a gente deixou ela ((a fórmica)) / suja/ a gente não limpou/ com as manchas lá/ para a gente ver se quando a gente colocar a formiga de novo vai continuar tendo a propriedade.

Professor Márcio: Ah tá (!) Mas você não vai poder usar essa para outro experimento.

Ana: Não/ a gente vai limpar.

Thiago: É/ é para ver a duração disso ((da propriedade repelente)).

Professor Márcio: Mas vocês ainda não fizeram(??)

Ana: Não porque seria hoje.

Nesse questionamento do professor Márcio, verifica-se intenção de gerar uma problematização sobre uma variável importante para a atividade do grupo. Nesse momento, ele chamava atenção para a duração do efeito repelente do cravo da Índia, uma variável que o grupo já havia identificado como importante, pois inclusive já tinha pensado em maneiras de avaliá-la. Na última aula, ele tinham deixado a fórmica suja com o extrato de cravo da Índia e pretendia realizar um teste para verificar se essa substância ainda tinha o efeito repelente.

Nos dados obtidos a partir desse grupo, sequências descritivas e dialogais também são encontradas em alguns episódios das aulas de produção. Elas aconteciam quando os professores se aproximavam da bancada e questionavam ou problematizavam acerca de algum aspecto do trabalho do grupo. As sequências descritivas também são comuns quando os integrantes do grupo socializavam informações a respeito do planejamento do dia para colegas e professores. Portanto, as sequências descritivas e dialogais com uma estrutura do discurso menos lacunar e com o uso não tão intenso de dêiticos, caracteriza tanto as aulas de comunicação quanto os momentos das aulas de produção em que são relatados resultados ou procedimentos para pessoas estranhas ao grupo, sejam professores ou alunos.

Como será apresentado no capítulo 4, acredita-se que essas situações diferenciadas, oportunizadas pela organização da disciplina, propiciaram aos alunos do grupo investigado a vivência de diferentes práticas culturais da ciência, não restringindo a atividade de investigação do grupo a tarefas de manipulação de artefatos. Essas práticas podem ser caracterizadas pelas operações epistêmicas.

3.3.4. O aprendizado de habilidades na investigação

Segundo Latour e Woolgar (1997), além dos experimentos, um laboratório produz habilidades, pois o contato e a execução de certas tarefas oportunizam o aprendizado de técnicas necessárias à geração de um resultado ou de um produto. Considerando a situação estudada – uma atividade investigativa – e os referenciais teóricos desta tese – os princípios da Teoria da Atividade –, postula-se que o aprendizado de algumas destas habilidades envolveria um processo de transformação de ações em operações epistêmicas conscientes. Esse processo foi apresentado na subseção 1.3.6 e explica como uma ação subordinada pode se transformar em um hábito ou habilidade. Nesta subseção, são apresentadas análises de como a atividade do grupo propiciou os processos de transformação por meio da participação dos integrantes nas tarefas da investigação.

Ao longo do desenvolvimento da atividade desta investigação escolar, percebe-se a expressão e o emprego de algumas operações epistêmicas como o levantamento de hipóteses, identificação de variáveis, etc. Provavelmente, os integrantes aprenderam essas habilidades em outras situações, tanto cotidianas quanto escolares. As circunstâncias propiciadas pela atividade favoreceram ou exigiram a sua emergência na forma de operações, isto é, como condições que possibilitam a realização de uma ação. Nesse sentido, não é possível precisar quando surgiram ou como se desenvolveram essas operações, apenas evidenciá-las. Entretanto, existem evidências nos dados coletados de que a disciplina favoreceu um desenvolvimento de habilidades por meio de um processo da transformação de ações em operações.

Considerando a história da atividade, o domínio ontogenético, percebe-se esse desenvolvimento das habilidades na comparação entre as aulas de produção já descritas na subseção 3.3.2. Por exemplo, existe uma diferença peculiar do comportamento do grupo quando são contrastadas as aulas de produção 4 e 11. Na aula 4, os alunos executaram os procedimentos da investigação de forma consciente e atenta; já na aula 11, eles fizeram os mesmos processos de maneira automática, sem qualquer menção ao que

faziam. Enquanto realizavam os procedimentos, eles faziam comentários a respeito de assuntos diversos, e não relacionados à investigação.

A aula 4 foi a primeira em que o grupo realizou ensaios experimentais. Eles ainda utilizavam a cebolinha. Essa aula foi dividida em vinte e oito episódios. Uma das características marcantes dessa aula é que nos registros de vídeo são encontrados pouquíssimos momentos de dispersão ou de conversas informais. As análises de algumas dessas discussões serão apresentadas no capítulo 4, pois envolvem processos de tomada de decisão, evento muito comum no decorrer da atividade do grupo. As discussões revelam um grande envolvimento do grupo ao lidar com dificuldades para executar procedimentos pensados ou propostos.

Em nove episódios da aula - 4, 8, 10, 11, 14, 16, 20, 21, 24 - o grupo envolveu-se em discussões a respeito dos mais diferentes procedimentos: qual o melhor método para se manipular as formigas, qual o melhor método para capturar as formigas, como utilizar o aquário no experimento, como dispor a cebolinha e outros materiais sob a fórmica para a montagem do experimento, como estimular as formigas a saírem do aquário ou ainda sobre os procedimentos para a próxima aula.

Muitas dessas discussões ocorreram quando os alunos executavam os procedimentos, sendo que muitas vezes elas permitiam ou geravam outras alterações sobre os próximos passos do grupo. Essa simultaneidade de eventos é outra característica que pode ser encontrada nas aulas de produção.

Uma dessas discussões se refere ao primeiro preparo de extrato e à forma de aplicação dessa substância sobre a fórmica. Essa discussão teve início no episódio 21, quando o grupo ainda realizava o primeiro ensaio experimental com cebolinha *in natura*. Eles iniciaram os procedimentos de produção do extrato de cebolinha, o que envolveu uma série de questionamentos e comentários. Esses questionamentos e comentários revelam que os procedimentos eram executados como ações, isto é, de forma consciente. Os turnos de fala evidenciam que saber como e produzir o extrato são os objetivos das ações subsequentes.

Juan: Oh Ana/ extrato de cebolinha.
Ana: Vai ser alcoólico ou vai ser com água(?) Aquoso(?)
Juan: Aquoso é melhor/ né (?)Acho que se a gente só espremer isso aí ((as cebolinhas cortadas que não foram utilizadas no ensaio experimental)) já dá/ Sai um caldinho bom.
Juan: E agora vamos fazer o extrato.
Ana: Vamos fazer o extrato/ mas será que a gente junta essa cebolinha aqui dentro ((na embalagem plástica que continha as cebolinhas picadas))(?)
Débora: Acho que pode.
Juan: Macera aqui ((na embalagem plástica que contém as cebolinhas picadas)) ou com o pilão(?)

Os primeiros questionamentos envolveram o solvente e os equipamentos a serem utilizados na produção do extrato. A água foi a opção escolhida para o solvente. Juan começou o processo de maceração na embalagem plástica. Depois de uma consulta à professora Vilma, o grupo providenciou um cadinho e transferiu o conteúdo da embalagem plástica para o equipamento apropriado. A maceração continuou no episódio 23. Os integrantes do grupo acrescentavam água e cebolinha no cadinho de maneira intuitiva. Eles observavam o preparado e davam sugestões sobre a forma mais adequada de macerar.

Como o resultado com a cebolinha *in natura* se mostrava negativo, eles já tinham como hipótese que o extrato de cebolinha também não apresentaria propriedade repelente. Por isso, eles já discutiam acerca da alternativa de fazer um extrato com cravo da Índia.

Ana: Como nós vamos fazer um extrato de cravo da Índia (?)
Juan: Extrato (?)
Ana: De cravo da Índia (?)
Débora: Soca ela/ vira pó.
Juan: É igualzinho/ hidrata(!) Deixa hidratando primeiro depois moí/ Deixa um dia para o outro lá na água hidratando/ No outro dia faz igual aqui.
Ana: Dá(?) Você já tentou(?)
Juan: Não/ mas deve dá certo.

Observa-se que os procedimentos propostos para a produção do extrato de cravo da Índia se originam de uma intuição. Com o tempo, o extrato de cebolinha fica pronto e começa a ser aplicado.

Ana: Coloca mais um pouco de água/ hein(?)
Juan: Acho que tá bom.
Débora: Não/ acho que tá bom.
Juan: Mas tem que colocar um espaço entre uma gota e outra/ não(?)
Senão//
Ana: É(!)
Débora: Assim(?)

Juan: Não assim também não/ né (?)
Ana: Um aqui outro aqui ((aponta para dois pontos nas bordas da fórmica)).
Débora: Nossa/credo/aí passa até um elefante.
Juan: Um aqui/ outro aqui ((aponta para dois pontos nas bordas da fórmica)).
Débora: Um aqui outro aqui passa até um elefante.
Ana: A gente fez essa/ ficou perto/ gente (?)

Nesse momento, a aplicação do extrato passou a ser foco da discussão, pois o grupo divergia sobre a distância entre as gotas. Alguns achavam que as gotas deveriam quase se fundir e outros achavam que era necessário um espaço considerável entre as gotas de extrato permitindo a passagem das formigas. Juan começou a aplicar o extrato com conta-gotas sobre a fórmica deixando um pequeno espaço entre as gotas, suficiente para permitir a passagem dos minúsculos insetos.

Esse tipo de discussão sobre a metodologia da pesquisa também foi encontrado em outras aulas de produção, como na aula 5 e na aula 7. Nessas aulas, os alunos também apresentavam algumas dúvidas sobre o preparo do extrato de cravo da Índia e sobre a montagem do experimento. Na aula 5, o grupo passou a utilizar um filtro para preparar o extrato e uma pipeta automática para aplicá-lo, o que exigiu explicações sobre a forma adequada de utilização dos equipamentos. Contudo, os questionamentos sobre esses procedimentos começaram a ser menos frequentes. Na aula 8, a única discussão sobre o preparo do extrato se referiu a como estabelecer a sua concentração máxima de forma padronizada. Após essa definição, o grupo macerou, filtrou e aplicou o extrato sem questionamentos ou comentários sobre esse processo. A ausência de turnos de fala sobre os procedimentos sinaliza que eles já demonstravam um domínio dos métodos de preparo, montagem e execução dos experimentos.

Como resultado de todo o desenvolvimento da investigação, na décima primeira aula, composta por doze episódios, não é verificado nenhum episódio dedicado à discussão dos procedimentos. Portanto, se a aula 4 foi marcada por pouquíssimos momentos de conversas informais, na aula 11, registram-se várias interações sobre assuntos do cotidiano e de outras disciplinas. Enquanto, conversavam sobre esses assuntos, os alunos e alunas realizavam

os procedimentos de produção e aplicação do extrato e posteriormente executavam os testes experimentais de forma automática, isto é, como operações.

Como exemplo, em determinado momento no episódio 2, o grupo estava preparando os materiais para a investigação. Ana e Fabiana começaram a discutir com um colega de outro grupo.

Marisa: A Débora vai ajudar ((no projeto do outro grupo)) a gente.
Ana: Ah é(!) qualquer mil reais a gente não importa não
Juliana: Débora/ você mexe com isso (?)
Fabiana: Ah (!) a Débora mexe com todo mundo ((risos))
Patrícia: Mexe com todo mundo ((risos))

Juan fazia a maceração dos cravos e Patrícia cortava o papel para o encaixe no filtro. Ana e Fabiana observavam as embalagens de formigas. Juan realizava os seus procedimentos em silêncio. Essa discussão não interrompe a produção do extrato que ocorre simultaneamente.

No episódio 3, eles montavam o experimento com Juliana e Patrícia pipetando gotas sobre a fórmica. Enquanto pipetavam, elas participavam da conversa do restante do grupo. Débora iniciou a conversa com um comentário sobre uma colega que estava grávida.

Patrícia: Seis meses e barriga não aparece (?)
Juliana: É seis meses/ já aparece
Ana: Você não viu a Cláudia Leite²⁰ (?) A barriga dela nem aparece direito/
Juan: Antigamente a mulher virava um elefante/

Os procedimentos, que na aula 4 envolviam e desafiavam os alunos e por isso exigiam atenção na sua execução, na aula 11, se apresentavam como rotineiros e eram realizados como condições para produção dos resultados da investigação. O interessante nesse dado é que se observa um processo de aprendizado que se dá com a prática e no qual não se constata uma situação formal de ensino. Esses procedimentos de preparo do extrato, montagem e execução do experimento não foram objeto de intervenção por parte dos professores.

²⁰ Nome de uma famosa cantora brasileira.

Outro exemplo escolhido para sustentar a hipótese de que a disciplina propiciou o desenvolvimento de habilidades ao grupo investigado está relacionado à compreensão e ao uso de conceitos estatísticos. Na entrevista do professor Carlos, apresentada na subseção 3.2.2, identifica-se que um dos objetivos da disciplina é permitir uma compreensão da natureza da biologia, enquanto uma ciência experimental. Para promover tal compreensão, durante a disciplina, os professores fizeram intervenções que orientavam para a importância de se considerar certos princípios como: exatidão, sistematicidade, testabilidade, entre outros, que são importantes para dar legitimidade e validade aos resultados produzidos. Nas pesquisas da bioquímica, atividade em que a disciplina pretende espelhar, alguns desses princípios são garantidos pelo emprego de procedimentos estatísticos que precisam e podem ser aprendidos em situações de produção do conhecimento.

Em uma dessas intervenções, o professor Carlos, pela primeira vez, enfatizou ao grupo a importância da estatística na validação dos resultados. Essa intervenção ocorreu no segundo episódio da aula 5. Essa foi uma aula de laboratório, quando os alunos se preparavam para iniciar os primeiros experimentos com o cravo da Índia. Nesse momento, estavam presentes quase todos os integrantes, pois Thiago, atrasado, chegaria mais tarde. O professor Carlos, sentado, próximo à bancada, diz:

Professor Carlos: Uma coisa que sempre acontece/ mas que é necessário ver/ é entrar um pouco em estatística/ aí/ eu sei que vocês não tiveram estatística ainda/ mas tá na hora de começar a aprender algumas coisinhas básicas/ a ideia da estatística seria o seguinte é ver qual a probabilidade de por acaso a gente não ter aquele efeito/ quer dizer/ por exemplo/ é digamos que você acha que tem uma redução/ mas porque tem lá vinte formigas junto com o material que você tá achando que é repelente e tem sei lá oitenta com outro/ por um acaso/ elas podiam ter/ coloca-se lá/ elas podiam ficar de um lado ou de outro/ qual que é/ como que você avalia essa probabilidade(?) A estatística dá esse instrumento/ então/ quando você fala por exemplo que uma coisa é estatisticamente significativa é/ em geral/ quer dizer antes você tem que definir qual o erro que você admite cometer/ então se a probabilidade daquela distribuição ser por acaso cinco por cento ou menos/ você/ em geral/ aceita como/ então não é por acaso/ quer dizer/ é muito pouco provável/ cinco por cento/ você aceita correr esse risco/ agora se for mais do que cinco por cento/ aí você fala que não é estatisticamente significativo/ embora possa ser verdade/ quer dizer/ quando você diz que uma coisa não é estatisticamente/ é verdadeiro/ é significativo/ não quer dizer que esteja errado/ que aquilo ali não tenha efeito/ só que o efeito é pequeno para observar/ então você pode por mão no fogo.

Analisando o turno, observa-se que este se configura como uma generalização, um tipo de texto comum ao discurso da sala de aula de ciências (MORTIMER e SCOTT, 2003). Nesse caso, essa generalização se caracteriza como uma introdução da estória científica em que o professor tenta explicar como a estatística pode fornecer elementos para verificar a qualidade de um dado, isto é, se este é estaticamente significativo ou não. Pelo início do turno, percebe-se que a necessidade de fazer tal intervenção está relacionada à experiência anterior do professor com a disciplina. Ele demonstrou ter ciência do pouco contato do grupo com esse conhecimento e projeta que este será importante para o desenvolvimento do trabalho.

Durante a fala do professor, os integrantes do grupo ouviram atentamente e não fizeram nenhuma intervenção como, por exemplo, uma pergunta de esclarecimento. Entretanto, pode-se avaliar que o segmento discursivo do professor é lacunar e pouco elucidativo, pois não são percebidos elementos que oportunizariam uma compreensão de qual seria a contribuição da estatística para os resultados do grupo e nem dos procedimentos necessários para se utilizar tal ferramenta metodológica. O professor não apresentou os conceitos e suas definições e as nem fórmulas necessárias para fazer os cálculos.

Quando o professor Carlos terminou sua exposição, os alunos passaram a relatar acerca dos acontecimentos da aula anterior, abordando os procedimentos e os resultados obtidos com o experimento com cebolinha. Isso permitiu ao professor, no episódio 4, iniciar uma tentativa de exemplificação com as informações dadas pelo grupo.

Professor Carlos: No caso de vocês aí/ quer dizer/ o que vocês/ se vocês aplicarem um teste significativo/ mesmo que/ uma proporção ((de formigas)) não fosse lá ((saísse do aquário e atravessasse a barreira de cebolinhas)), ficasse no ninho/ você ia chegar a conclusão que o efeito não foi estatisticamente significativo.

Ana: Ahãh/Ahãh!

Professor Carlos: Agora/ o que em geral é não mais complicado um pouco é você dizer que não teve nenhum efeito/ aí o teste na verdade é diferente/ você ((trecho incompreensível))?

Ana: Entendi/ de qualquer forma nós vamos tentar fazer com cravo da índia/ e vê se dá certo.

Novamente, nesse segmento, observa-se uma interação carente de elementos que favoreçam o entendimento do assunto. Entretanto, Ana assegurou que entendeu e iniciou outro assunto. Posteriormente, no episódio 11 dessa aula, Thiago chegou e solicitou informações sobre a orientação do professor Carlos. Ana e Patrícia se dedicaram a informá-lo.

Thiago: O que que o Carlos falou(?) Eu cheguei atrasado o que vocês estavam conversando aí(?)

Ana: Ah(!) Ele falou um negócio de estatística/ a gente tem que começar a pensar quanto//

Patrícia: Quanto que de valor mínimo ((de formigas que atravessam a barreira de gotas de extrato)) é aceitável.

Ana: Ele falou um pouco assim/ qual que o valor aceitável/ qual que não vai ser/ entendeu(?)

Thiago: Ah sim/ entendi(!)

Patrícia: Quantidade que pode sair que não vai deixar o nosso//

Ana: Não precisa ser cento por cento para dar certo/ pode ser que cinco 5% saiu e os outros 95 ficaram por aí/ ela tem//

Nessa interação, constata-se mais uma informação incompleta e parcial sobre o assunto. O segmento discursivo foi interrompido pela participação do grupo na limpeza da fórmica, o que desviou a atenção de seus integrantes. Analisando os turnos de Ana e Patrícia, tem-se a impressão de que elas apresentavam uma compreensão distante do que seria esperada pelo professor, que estava relacionada a princípios para garantir ou atestar a confiabilidade e a credibilidade nos resultados obtidos a partir de diferentes testes. Quando abordaram a definição de um limite aceitável para saída de formigas, as alunas parecem ter associado a generalização do professor a uma noção de eficiência da substância quanto à propriedade repelente.

Essa impressão é reforçada por outra interação que aconteceu em outra aula, a 7. Essa aula, que aconteceu no laboratório, foi marcada pelo problema do baixo número de formigas para a realização dos experimentos. Diante do imprevisto, o grupo se dedicou a vários momentos de discussão sobre procedimentos futuros, procurando estabelecer padrões para a investigação. Em um desses momentos, no episódio 4, a questão sobre a estatística e do limite aceitável de saída de formigas voltou à tona.

Ana: A gente tem que pensar em quantos por cento que a gente vai aceitar que saia/ por exemplo//

Patrícia: Ah(!) É(!)

Ana: Porque às vezes//

Patrícia: Eu acho que tipo assim/ todos os testes que a gente fazer a probabilidade de cinco por cento/
Ana: É eu também acho/
Juliana: Acho que cinco por cento é o ideal/ todo mundo considera cinco por cento.
Patrícia: É toda probabilidade é cinco por cento.
Ana: Vocês acham que é cinco por cento (?) Como é que chama desvio-padrão (?)

Nesse trecho, Ana e Patrícia persistiram na busca da definição de um limite aceitável para a saída de formigas. Com essa definição, para elas o grupo teria um parâmetro para corroborar a hipótese de que o cravo da Índia possui a propriedade de repelir as formigas-fantasma. No último turno de fala, Ana denominou *desvio-padrão* o limite definido pelo grupo, evidenciando mais um equívoco na compreensão do que foi exposto pelo professor. No episódio 5, empregando essa concepção, ela raciocinou expondo uma dúvida a Thiago.

Ana: Então a gente calculou um desvio-padrão/ a gente pensou assim cinco por cento/ entendeu(?) se cinco por cento das formigas não passarem/ é porque é bom.
Thiago: É bom/
Ana: Só que eu fico preocupada é que//
Thiago: Se cinco por cento não passarem vocês estão considerando o que//
Ana: Oh(!)Não(!) Se cinco por cento passarem/ é válido/ é/ mas só que eu que acho que até cinco por cento é pouco/
Thiago: Às vezes até trinta/ até/
Ana: Porque olha o que eu pensei se a gente pegar vinte formigas/ só uma vai poder passar/ eu acho muito pouco/
Thiago: Eu acho que trinta por cento//
Ana: É poderia conversar com o professor e//
Thiago: Talvez a gente analisa o desvio-padrão/ entendeu/ vai construir o desvio-padrão/ para//

Expondo a sua dúvida, Ana revelou a preocupação de que o limite definido, e não calculado como afirmou, poderia ser muito restrito. Thiago concordou e expôs a possibilidade de expandir esse limite. Entretanto, ele sugeriu que o desvio-padrão poderia ser construído. Nesse impasse, Ana sugeriu conversar com o professor. A conversa aconteceu na próxima aula, a aula 8.

A aula 8 se destacou como aquela em que foram produzidos, de forma padronizada e controlada, os primeiros resultados da investigação. Os alunos chegaram à aula com esse objetivo e se esmeraram para que os ensaios experimentais ocorressem da maneira mais adequada. Nesse dia, o professor Márcio acompanhou o grupo de forma muito próxima. Essa proximidade pode

ser explicada tanto pelo interesse para com o projeto, quanto pela ausência de outros grupos no laboratório.

No episódio 10, parte do grupo e o professor Márcio se envolveram em uma longa interação sobre o assunto. Os rapazes tinham saído para fazer uma pesquisa. Ela teve início com uma consulta ao professor.

Ana: A gente não sabe qual vai ser o nosso desvio-padrão assim sabe(?)
Débora: Ah é(!)
Ana: A gente tinha pensado assim cinco por cento? aí cinco por cento é um número muito pequeno/ né (?)
Professor Márcio: Mas desvio-padrão é vocês é que definem(?)
Ana: É uai (!)
Professor Márcio: Por que é vocês é que definem (?)
Ana: Porque o Carlos ((outro professor)) é que falou com gente/ vocês tem que definir até quando podem//
Professor Márcio: Mas definir não significa que vocês escolher um valor não/uai(!)
Ana: Uai/ mas como é que a gente vai definir então (?)

Na consulta feita por Ana, foi externalizada a compreensão equivocada do conceito de desvio-padrão construída pelo grupo, a partir da explicação dada pelo professor Carlos na aula 5 e que foi, até aqui, atualizada e ressignificada em outros momentos dessa disciplina. Perante esse problema, o professor iniciou um processo de explicação utilizando elementos próximos ao cotidiano dos alunos para mostrar a incoerência do raciocínio empregado até o momento.

Professor Márcio: Uai/ se for assim você medir a temperatura do seu filho/ vai falar que ele está com trinta e seis e meio/ mais ou menos dez graus/ tá bom(?)
Ana: Não/ mas//
Professor Márcio: Ou ele está ou não está morto/ você que define(?) Como vocês acham que/ quem define o erro da medida(?) Por que desvio-padrão não é/ não tem haver com o erro da medida(?) Quem que define o erro de uma medida(?) Obviamente que você define o erro/ você tem um componente/ se você lê errado/ concorda(?) Se você leu a medida errada você ajuda a definir o erro/ mas essencialmente quem é que define o erro(?) Por exemplo/ se você usa uma trena para medir um/ sei lá/ uma molécula/ você vai ter muita precisão ou baixa precisão(?)
Ana: Pouca precisão.
Professor Márcio: Baixa precisão/ então seu erro maior/ se você usar uma régua daquela ali ((aponta para régua escolar sobre a bancada)) você falará assim/ um milímetro mais ou menos zero vírgula/ nove/ nove/ milímetros/ entendeu(?) Então não tem como/ quem define a sua precisão é o aparelho/ o aparelho tem um erro de medida/ mas vocês aí não tem//
Juliana: ((trecho incompreensível))
Professor Márcio: aceitável/ mas para isso no seu caso/ no caso de vocês/ vocês vão calcular um desvio médio/ mas para isso como medida não tem como.

Ana: Como assim/ como medida não tem como(?)

Nessa explicação, o Professor Márcio foi introduzindo conceitos como desvio-padrão e erro da medida. Essa explanação contém muitos exemplos e perguntas para checar o entendimento e para verificar se as alunas estão acompanhando. Quando ele tentou relacionar o que foi explicado ao projeto do grupo, Ana questionou e demonstrou que não estava entendendo.

Professor Márcio: Por exemplo/ vamos supor que vocês tão medindo/ deixa eu ver/ estão medindo a distância daqui até o computador/ cada hora vai alguém e mede/ok (?)

Ana: Ah (!) seria a média

Professor: A média (!)Entendeu(?)

Juliana: ((incompreensível))

Professor: Não/ não/ porque não tem como/ o número de formigas que saiu na primeira contagem é uma só/ vocês sabem quantas só/ ok (?) agora para vocês terem no caso de vocês/ vocês tem que fazer outra medida com o mesmo número de formigas que vocês colocaram da primeira vez/ quem garante para vocês que o primeiro resultado/ o único que vocês tem vai sempre se repetir dessa maneira(?) Aí vocês teriam que teoricamente refazer o experimento (?)

Juliana: ((incompreensível))

Professor: três vezes cada/ com a mesma concentração(?)

Ana: com a mesma concentração.

Professor: então vocês vão colocar a mesma quantidade de formigas (?) teoricamente (?)

Ana: Não pode ser uma proporção/ não(?)

Professor: pode/ pode fazer por regra de três/ ou proporção/ ou porcentagem/ mas vamos supor que na primeira medida saiu vinte e cinco por cento/ na segunda medida saiu trinta por cento/ e na terceira medida saiu vinte e sete por cento//

Ana: Soma tudo e divide por três/

Professor: Isso é a média (?) e quanto é o desvio-padrão (?)

O questionamento feito por Ana foi essencial para que o professor Márcio retomasse a sua explicação, aprimorando-a, e introduzisse um novo elemento que é a necessidade de verificação dos resultados obtidos em um experimento. Esse tipo de questionamento não aconteceu na aula 5, na ocasião em que o professor Carlos fez a sua exposição, o que pode explicar a manutenção do equívoco pelo grupo. Continuando a sua explicação, o professor Márcio utilizou exemplos de dados para calcular um possível desvio-padrão para algumas medidas. Ele disse alguns valores e junto com Patrícia e Juliana foi fazendo alguns cálculos, sempre checando o entendimento das alunas. A partir dessa estimativa, ele introduziu um novo conceito: o desvio médio quadrático. Percebendo o espanto das alunas, ele repetiu o procedimento para explicação usando exemplos de valores e trazendo as

alunas para acompanhar e calcular junto. Continuando a sua exposição, o professor Márcio apresentou ao grupo o significado dessa medida para a atividade científica, que é avaliar a precisão de um experimento e, portanto, a qualidade do dado produzido.

Professor Márcio: Esse desvio tem uma/ assim/ toda vez que você repetir um experimento/ a chance que esse experimento dê dentro daquele valor/ qual a probabilidade daquele experimento está dentro daquele valor (?)/ quanto menor o desvio mais preciso é/ a chance de você esteja dentro daquela faixa é muito grande/ e quando você tem um desvio muito grande/ seu experimento tende dar uma ((gesticula demonstrando ondas))/ você pode ter vários valores ali/ isso que garante a precisão do seu experimento/ ah(!) realmente? eu faço três vezes/ quatro vezes/ cinco vezes/ dez/ vinte/ cem vezes/ se eu fizer uma próxima vez/ qual é a chance daquele resultado da próxima vez ser bem parecido com aquele que já fiz (?)

O professor Carlos chegou e foi chamado a colaborar. O professor Márcio questionava se as fórmulas apresentadas estavam corretas. O professor Carlos fez pequenos ajustes e complementou a explicação sobre o significado da medida.

Professor Carlos: O desvio/ ele descreve a dispersão dos seus dados/ o erro padrão ele dá uma estimativa do desvio da população da qual você quer (())/quando você pega uma amostra de formiga/ você não está pegando todas as formigas do mundo/ você está pegando uma parcela delas/ então o que você quer saber com essas formigas/ você não quer saber daquelas formigas/ você quer saber com qualquer formiga do mundo/ como que é/ então você faz uma estimativa das formigas.

Ao perceber o não entendimento por parte de Patrícia, ele reformulou a sua exposição, relacionando-a à ideia de dispersão.

Professor Carlos: A ideia é muito simples/ a ideia é da dispersão/ o importante disso é/ se você tem uma diferença/ você fez uma medida aqui/ e em outra condição você faz essa aqui/ Você quer saber o seguinte(?) isso aqui é diferente mesmo(?) por acaso/ já que você tem uma distribuição/ por acaso aquele dia você pegou umas que deram um tempo maior/ outro dia umas que deram menor/ ele dá a probabilidade de ter sido por acaso/ aí se a probabilidade for que menor cinco por cento/você que escolhe a priori/

Patrícia: Aí(!)

Ana: Aí que foi aí que entrou a escolha/

Professor Carlos: É você escolhe/ qual o risco que você está querendo escolher o erro da medida/

Professor Márcio: Não/ mas ela tava querendo escolher o erro da medida/

Professor Carlos: Não/ o erro você não escolhe/ o erro é erro/ não significa necessariamente o erro/

Ana: é de errado/

Professor Carlos: Você pode fazer tudo certo/ e ainda ter o erro/

Professor Márcio: pode ser um erro/ o seu equipamento não é preciso suficiente para te dar a medida que você quer//

Professor Carlos: mesmo que tenha/ observe que a população/ o fenômeno é biológico/

Professor Márcio: Porque ele estava achando assim(?) como que eu vou contar quarenta formigas e vou contar mais ou menos dez(?) Não você contou quarenta/ então o caso é que você tem que fazer mais de um experimento na mesma condição e ver o que vai acontecer o experimento/

Nessa interação, as alunas sinalizaram no discurso a origem do entendimento anterior apresentado pelo grupo. Novamente, os professores chamaram a atenção para critérios de verificação da qualidade dos dados e resultados produzidos pelo grupo. Ao término dessa interação, o grupo iniciou o primeiro ensaio experimental do dia. Enquanto os outros integrantes do grupo seguiam os procedimentos e observavam as formigas, Patrícia, com o auxílio do professor, registrou as fórmulas no caderno.

Ao longo da aula, o grupo realizou mais dois ensaios experimentais. Os resultados foram registrados no caderno. No episódio 19, Patrícia, Ana e Juan, com o auxílio de um aparelho celular, fizeram os cálculos estatísticos. Destaca-se, que na mesma aula em que os alunos se preocupavam em produzir os seus resultados mais confiáveis, em condições controladas e padronizadas, eles receberam a explicação mais elucidativa sobre a estatística. Com isso, em uma situação de produção, o grupo pôde utilizar os conhecimentos que eram necessários para a produção dos resultados da forma almejada, isto é, respeitando critérios de legitimidade e validade, caros à comunidade científica.

Na aula 10, que aconteceu na sala, portanto num momento de comunicação, no primeiro episódio, eles comunicaram os resultados para os professores e para o restante da turma.

Juan: Isso/ três vezes ((número de repetições do ensaio experimental))/ na primeira nove ponto quarenta nove ((das formigas)) saiu ((do retângulo))/ na outra doze e meio saiu/e no terceiro oito ponto um com desvio-padrão de um ponto oito seis por cento//

Na aula 11, , os alunos realizaram os ensaios experimentais com o extrato de cravo da Índia na concentração 25%v/v. Eles realizaram três ensaios. Nesse dia, Juliana e Juan realizam os cálculos apenas da média e informaram ao grupo. Na aula 12, que também é uma aula de produção, enquanto os colegas discutiam sobre a produção do trabalho escrito e sobre os procedimentos do dia, no episódio 7, Patrícia realizava os cálculos estatísticos.

Patrícia: Deu dois vírgula seis
Juan: Doze vírgula seis
Ana: Deu alto/né(?) o outro deu menos/ alto assim/ comparado ao outro/
Juan: Uai/ deixa eu ver/ posso ver (?)
Ana: Estranho né(?)
Juan: Ah (!) dois vírgula seis/ tá ótimo (!)

Observa-se nessa interação que os alunos evidenciam um entendimento do conceito de desvio-padrão. Quando Patrícia enunciou um valor que foi entendido de forma muito diferente de Juan, percebe-se um estranhamento tanto dele quanto de Ana. Para os dois, o valor que foi entendido é muito superior ao que foi encontrado na aula 8, isto é, a variação entre os resultados dos três ensaios experimentais da aula foi muito grande. Com a confirmação de um valor de desvio padrão bem inferior, a avaliação mudou. A variação entre os resultados foi pequena, o que deu credibilidade aos dados obtidos.

Novamente, evidenciando que estão aprendendo a usar o conceito na prática, os resultados dos cálculos estatísticos da aula 8 (a.3) e da aula 11 (a.4) foram registrados no relatório de atividades do grupo da seguinte forma:

a.6. Na concentração chamada 100% que consiste no extrato de 50 cravos-da-índia (4,91 gramas) em 50 mL, foram realizados três experimentos. No primeiro 9,49% das formigas saíram. No segundo, 12,50% passaram pelas gotas. Já no terceiro, 8,10% atravessaram o retângulo. A média de formigas que passaram foi de 10,03%. O desvio padrão foi 1,86. Esse resultado foi considerado muito satisfatório, sinalizando, novamente, a existência de um caráter repelente no cravo-da-índia.

a.7. Com o objetivo de verificar se a propriedade repelente do cravo-da-índia também era válida em concentrações menores, foi preparado um extrato constituído de aproximadamente 13 cravos (1,25 gramas) em 50 mL, o qual foi nomeado concentração 25%. Adotando o mesmo procedimento realizado para a concentração 100%, foram realizados três experimentos. No primeiro teste 19,3% das formigas saíram. No segundo e terceiro 13,15% e 17,68% atravessaram a área delimitada, respectivamente. A média de formigas que passaram pelas gotas foi de 16,71%, resultando num desvio padrão de 2,6. Apesar da quantidade de formigas que conseguiram ultrapassar o retângulo ter aumentado, ainda consideramos atuação do caráter repelente do cravo-da-índia, visto que a redução da concentração resultou em um acréscimo de apenas 7% de formigas fora da área demarcada.

Entretanto, eles registraram no artigo um valor de desvio padrão diferente:

a.8. Sete testes foram realizados. Seis deles não mostraram variação significativa de eficiência: testes de concentrações maiores e menores. Obteve-se desvio padrão de $\pm 4,72$ nas médias obtidas nestes experimentos, (...)

Não há registros de vídeo que indicam como esse valor ($\pm 4,72$) foi produzido e nem sobre as motivações para inscrevê-lo. Pelo texto, percebe-se que esse valor foi produzido a partir das médias dos ensaios experimentais da aula 8 e da aula 11, ou seja, de testes diferentes. O procedimento inadequado de comparação demonstra que os alunos se encontravam em um processo de domínio do conceito de desvio-padrão, dos métodos para a sua obtenção e da sua finalidade na atividade científica, mas ainda não tinham se apropriado de tais ferramentas.

Destaca-se, nesse processo de aprendizado, que se constatou novamente a adequação de uma hipótese de Leontiev (1994) de que os diferentes níveis da atividade humana não podem ser identificados como categorias estáticas. Nessa microanálise das interações, percebe-se, em uma situação de produção propiciada pela disciplina, a transformação de uma ação subordinada em uma operação consciente, em uma habilidade. Neste processo, tem-se a gênese dessas operações, que são conscientes mas não são tematizadas pela consciência. Observa-se que nos primeiros momentos, pela atenção dedicada às explicações dos professores, bem como pelas discussões sobre a delimitação de um limite aceitável, que os objetivos dos alunos se voltavam ao domínio dos conceitos estatísticos apresentados. Dessa forma, o entendimento e o aprendizado dessas ferramentas podem ser qualificadas como uma ação. Com o desenvolvimento da atividade, a ação passou a ser a produção de resultados considerados cientificamente válidos e legítimos, portanto, os cálculos e a produção de valores de desvio padrão poderiam ser caracterizados como as condições para obtê-los, ou seja, seriam as operações.

Esse tipo de aprendizado também pode ser percebido nos processos de preparo do extrato de cravo da Índia e na montagem e execução dos experimentos. Entretanto, nesse caso, a orientação dos professores não foi essencial. O aprendizado se deu no grupo enquanto desenvolvia a atividade e

compartilhava as suas experiências, impressões e dúvidas. Nas primeiras aulas de produção, todas as ações que envolviam esses procedimentos desencadeavam discussões que demonstravam que as ações dos alunos se voltavam para o domínio das técnicas para a fabricação do extrato e para montagem e execução dos experimentos. Com o tempo, esses procedimentos passam a ser realizados de forma automática, como meios para a obtenção de resultados para as questões investigadas pelos alunos.

Os dois exemplos de transformação das ações em operações epistêmicas apresentados nessa subseção permitem enfatizar um peculiar tipo de aprendizado oportunizado pela disciplina em estudo. Na atividade do grupo, eles aprenderam praticando e o que aprenderam foi necessário para o desenvolvimento e para o entendimento de sua própria investigação. Esse aprendizado envolveu a troca e a complementação de ideias, a observação do trabalho do outro e o emprego de operações epistêmicas que foram aprendidas tanto na atividade, quanto em outros processos de escolarização ou em outras situações da vida. Nesse ambiente de aprendizagem da disciplina e na atividade do grupo, essas operações epistêmicas emergem em um contexto de construção do conhecimento científico escolar e favorecem um aprendizado que se aproxima do que é esperado pelos professores da disciplina.

Por exemplo, eles aprenderam procedimentos de extração, concentração, planejamento e execução dos experimentos. Com esses conhecimentos, o grupo produziu resultados que se não o permitiram produzir o repelente natural, evidenciaram empiricamente a ação repelente do cravo sobre a formiga-fantasma. Algo que, segundo as informações do grupo, não era registrado na literatura. Eles aprenderam, ainda, sobre desvio-padrão e outros elementos da estatística realizando os ensaios experimentais, obtendo dados, calculando e utilizando esses valores para evidenciar a qualidade dos seus resultados.

Constata-se que a disciplina propiciou ao grupo um aprendizado de conceitos e procedimentos da pesquisa bioquímica e também um contato com

princípios fundamentais para a construção de conhecimentos na bioquímica e nas ciências, o que é um dos objetivos da disciplina.

No conjunto das interações entre os professores e o grupo, ressaltam-se as estratégias enunciativas dos docentes para criar as oportunidades de aprendizagem de natureza epistêmica. O primeiro momento foi marcado por uma interação que trouxe problemas e que gerou uma compreensão distante da que era esperada pelo professor Carlos. Entretanto, a externalização do entendimento do grupo propiciou uma atuação dos professores, principalmente o professor Márcio, que o assistiu no processo de atribuir sentido e internalizar ideias científicas. Nessas interações, percebe-se que houve uma preocupação na expansão do uso dessas ideias e também com a transferência do controle e responsabilidades por esse uso (MORTIMER e SCOTT, 2003).

As interações entre professores e alunos nos momentos de produção podem ser consideradas como essenciais ao processo de enculturação pretendido por essa disciplina. Esses momentos permitem que os professores ressaltem os critérios que sustentam a validade e a legitimidade da atividade científica, e, portanto, trazem o contato e o entendimento de elementos que configuram a biologia como uma ciência experimental. Acredita-se que esse processo fica comprometido quando é permitido aos grupos trabalhar em outros laboratórios do departamento, pois as situações de produção propiciam mais condições para a expressão das dúvidas e dificuldades do grupo, possibilitando uma intervenção mais precisa dos professores.

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DOS PROCESSOS DE TOMADA DE DECISÃO NA INVESTIGAÇÃO

Neste capítulo serão apresentadas análises dos processos de tomada de decisão vivenciados pelos integrantes do grupo na condução do projeto de investigação sobre a propriedade repelente de uma substância vegetal sobre a formiga-fantasma. A análise foi realizada a partir da constatação de que os alunos, sujeitos desta pesquisa, devido à natureza peculiar do ambiente de aprendizagem da disciplina Projetos em Bioquímica, têm muita liberdade e autonomia para definição dos rumos de seu trabalho. Em vários momentos, eles se envolveram em discussões nas quais tiveram que deliberar, a partir de diferentes justificativas, sobre os procedimentos mais apropriados para a condução dos experimentos.

Esse estudo foi orientado por referenciais teóricos relacionados à sociologia das Ciências (LATOUR e WOOLGAR 1997, LATOUR, 2000 e MAGNUSSON et al 2006) e à Teoria da Atividade (ENGESTROM, 2001). Portanto, considerando as distinções e as relações intrínsecas entre os contextos de produção e dos contextos de justificação (LATOUR e WOOLGAR, 1997)²¹, a análise dos processos de tomada de decisão estabeleceu e comparou as duas instâncias diferenciadas de construção do conhecimento científico: as situações de comunicação e as situações de produção²².

As situações de comunicação são aquelas relacionadas aos processos de troca ou socialização de informações sobre o andamento do projeto e sobre os resultados obtidos. Nesse estudo, são consideradas como situações de comunicação: as quatro aulas de apresentação do projeto - aulas 3, 6, 10, 13- e o artigo produzido pelos alunos e que foi entregue no final do semestre letivo. Esse artigo foi redigido seguindo modelos padrões de uma publicação científica e é um dos materiais exigidos pelos professores como um dos requisitos parciais para a aprovação na disciplina. As situações de produção são aquelas

²¹ Ver seção 1.2

²² Ver seção 3.3.

caracterizadas pelas ações e discursos que se relacionam diretamente às condições e ao contexto de manipulação de artefatos, realização de ensaios experimentais, análise de resultados, leitura e pesquisa de textos científicos, etc. Esses momentos de produção ocorreram nas aulas que aconteceram no laboratório - aulas 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 14 - quando os integrantes do grupo realizavam os ensaios experimentais com as formigas.

Com a delimitação de etapas da construção do conhecimento científico escolar, foi realizado um exame dos microprocessos em que são revelados os problemas, as tensões, as contradições, as transformações e as negociações que aconteceram nos momentos de tomada de decisão do grupo sobre os procedimentos da atividade investigativa. Foi possível evidenciar as mudanças de convicções, a valorização de determinados tipos de enunciados e determinar alguns dos fatores que orientaram e delimitaram essa atividade de investigação científica escolar.

Na análise, são empregados também alguns dos princípios metodológicos da Teoria da Atividade²³ (ENGESTROM, 2001), principalmente a dimensão da historicidade, a consideração da multivocalidade e do papel das contradições internas como fator de mudanças na atividade. Portanto, cada processo de tomada de decisão foi acompanhado por todo o período em que se deu a discussão entre os integrantes do grupo. Essa dimensão histórica propiciou a compreensão da gênese dos problemas e das soluções desenvolvidas pelo grupo. A análise procurou evidenciar as vozes (Wertsch, 1991) que comparecem aos momentos de discussão. Dessa forma, foram destacadas as diferentes visões de mundo que se manifestavam nos enunciados de integrantes do grupo e dos professores quando eram estabelecidos os processos de negociação.

É salientado como ponto-chave para o estudo das tomadas de decisão como os problemas enfrentados na atividade evidenciam as contradições entre o que era planejado e/ou esperado pelos integrantes do grupo e o que pôde ser realizado ou observado.

²³ Ver seção 1.3.

Considerando esse enquadramento teórico-metodológico, o estudo sobre os processos de tomada de decisão do grupo teve início com uma avaliação do artigo produzido pelos alunos utilizando as categorias propostas por Halliday e Martin (1993) e Mortimer (1998, 2010). A análise do artigo teve como objetivo evidenciar o uso de elementos da linguagem científica pelo grupo e também registrar como tal produção escrita apagou as contradições presentes nos processos de tomada de decisões em torno de uma série de questões. No artigo, como era de se esperar (LATOURE e WOOLGAR 1997, LATOURE, 2000), os procedimentos são descritos e os resultados são apresentados sem qualquer referência a esses momentos ou às questões discutidas.

A partir do texto, foram investigados os elementos do trabalho do grupo que deram suporte à produção dos procedimentos relatados nas seções denominadas de: a) Metodologia, b) Resultados e c) Discussão e Conclusão. Nesse processo, procurou-se evidenciar os problemas enfrentados, as opções apresentadas e as discussões que conduziram as decisões do grupo. Na análise dos processos de tomada de decisão, foram identificadas as operações epistêmicas que emergiram no discurso, como um dos elementos que permitem caracterizar e diferenciar as situações de comunicação e de produção dessa atividade de investigação científica escolar. As operações epistêmicas foram destacadas nos textos com a grafia em itálico. Além disso, foram evidenciadas as justificativas que orientaram as escolhas do grupo. Essas justificativas foram caracterizadas como: **pragmáticas**, quando estão relacionadas aos constrangimentos de ordem prática para o desenvolvimento do projeto; **empíricas**, quando elas são resultados de uma observação ou de uma conclusão originadas de uma prova experimental; **de senso comum**, quando fundamentadas em conhecimentos tradicionais; e **conceituais** quando se sustentam em dados ou informações conceituais. As justificativas foram destacadas com a grafia em negrito.

Os resultados dessa análise serão apresentados em três seções. A primeira terá como foco a análise dos processos de tomada de decisão relacionados aos procedimentos de captura e manipulação das formigas-

fantasma, uma das primeiras situações problemáticas enfrentadas pelo grupo. A segunda seção apresentará as tomadas de decisão referentes à escolha da espécie vegetal para ser utilizada na produção do extrato, de cebolinha ou de cravo da Índia, nos testes relacionados à propriedade repelente desse preparado sobre a formiga-fantasma. A terceira seção mostrará uma análise dos processos de tomada de decisão acerca dos procedimentos de utilização do extrato de cravo da Índia nos ensaios experimentais. Essa última seção abordará como o grupo estudou as variáveis importantes para o desenvolvimento de um repelente natural contra as formigas-fantasma.

4.1. Captura e manipulação das formigas

Os eventos que serão discutidos nessa seção se referem aos episódios em que são registradas discussões sobre os procedimentos de captura e manipulação das formigas-fantasma.

4.1.1. Análise do artigo: a descrição da captura das formigas

Iniciando a análise do artigo “Avaliação da propriedade repelente de *Eugenia caryophyllata* em formigas *Tapinoma melanocephalum*”, produzido pelos alunos do grupo como requisito de avaliação da disciplina, os procedimentos de captura, armazenamento e manipulação das formigas são relatados conforme o texto que é apresentado no quadro 7.

QUADRO 7

Trecho da seção Métodos e Procedimentos no artigo “Avaliação da propriedade repelente de *Eugenia caryophyllata* em formigas *Tapinoma melanocephalum*” produzido pelo grupo investigado.

1. Captura das formigas:

As formigas *Tapinoma melanocephalum* foram coletadas em uma residência da região urbana de Belo Horizonte. Foi utilizada uma isca para a atração das mesmas. Toda a isca utilizada consistia em um pedaço de pão embebido em água com açúcar. Após aglomeração de formigas sobre o pão, este é transferido rapidamente para um recipiente que será lacrado, para que elas possam ser transportadas para o laboratório. As capturas foram todas realizadas algumas horas antes da realização dos experimentos.

O trecho retirado da seção “Métodos e Procedimentos” mostra marcas típicas da linguagem científica (HALLIDAY e MARTIN, 1993 e MORTIMER, 2010). Entre as características a serem destacadas ressalta-se o uso de grupos nominais com alta densidade léxica que qualificam os objetos descritos

como, por exemplo: “As formigas *Tapinoma melanocephalum*”, “em uma residência da região urbana de Belo Horizonte” e “pedaço de pão embebido em água com açúcar”. Além disso, percebe-se a ausência do sujeito, marcada por frases na voz passiva como: “Foi utilizada uma isca para a atração das mesmas.” ou ainda “Após aglomeração de formigas sobre o pão, este é transferido rapidamente para um recipiente que será lacrado, para que elas possam ser transportadas para o laboratório”.

Destaca-se que, como *descrição de procedimentos* em um texto científico, esse trecho prima pela ausência de referentes históricos, por exemplo, as alternativas pensadas, discutidas ou experimentadas ao longo da investigação científica. Porém, antes de chegar ao texto final, os alunos passaram por diferentes situações de discussão e tomadas de decisão sobre os procedimentos descritos. Esse conjunto de momentos de tomada de decisões analisado abrangeu três aulas, uma de apresentação (AULA 3) e duas aulas de experimentos (AULA 4 e AULA 5), e envolveu problemas e questões relacionadas à captura e manutenção das formigas, aos prazos para a captura, ao armazenamento das formigas e à temperatura para o teste.

A figura 7 ilustra o movimento discursivo de enfrentamento de problemas relacionados à captura e manipulação das formigas, às posições divergentes e às decisões tomadas, que se manifestam na materialidade do artigo. Nessa figura, em vermelho estão representados os problemas que foram ponto de discussão no grupo; em amarelo estão representadas as decisões que foram tomadas; em cinza, as possibilidades abandonadas pelo grupo ao longo da pesquisa. A seguir, serão analisados episódios que evidenciam esse movimento discursivo, destacando as justificativas que fundamentam as decisões do grupo.

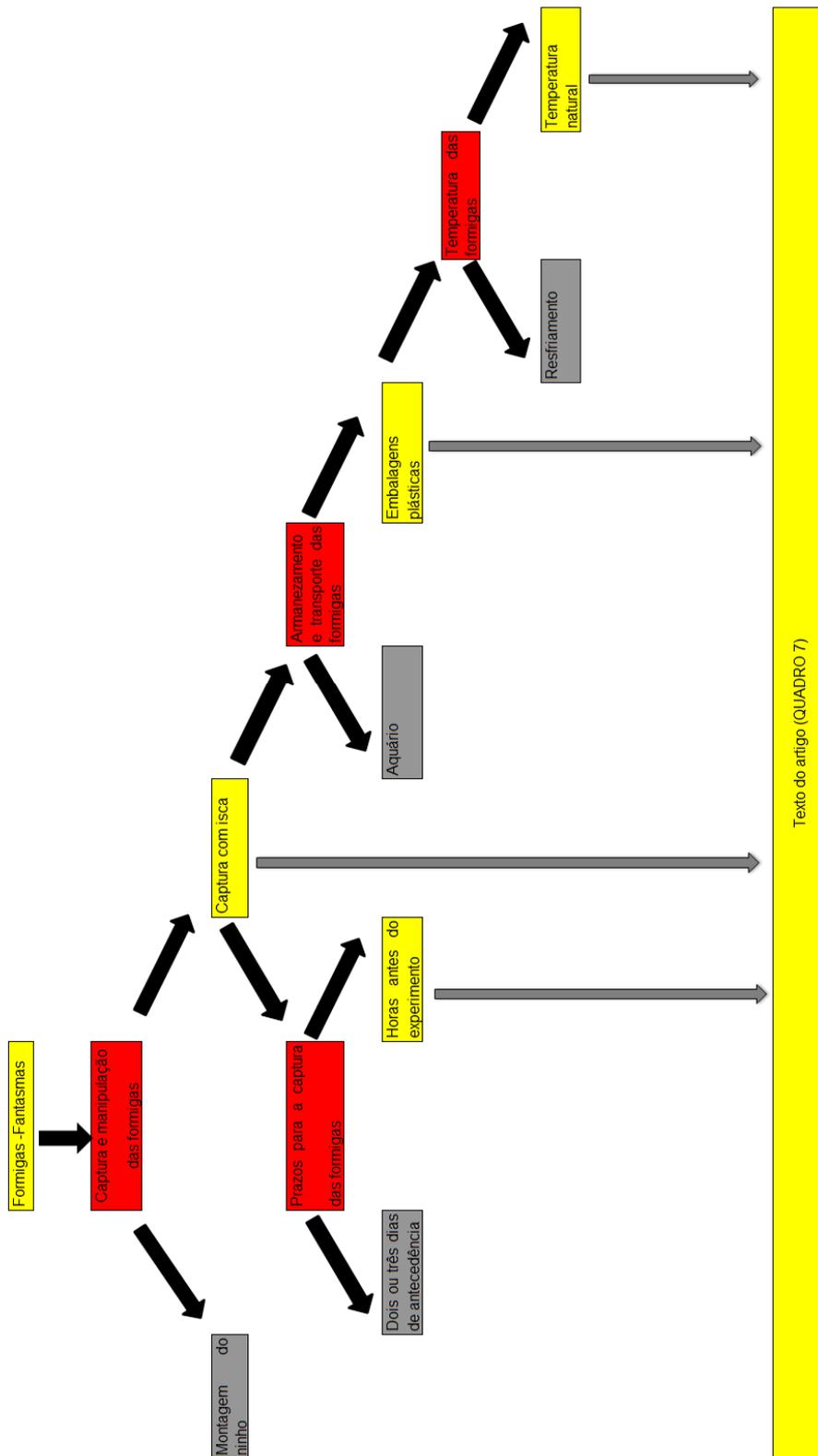


Figura 7: Diagrama dos processos de tomada de decisão sobre os procedimentos de captura e armazenamento das formigas fantasma

4.1.2. A escolha da espécie de formiga

A primeira decisão que será analisada se refere à escolha pela espécie de formiga em questão. Provavelmente, a decisão sobre a espécie de formiga foi tomada no semestre anterior quando os alunos cursavam uma disciplina teórica no segundo período e precisavam entregar o projeto da investigação que seria realizado no semestre seguinte na disciplina de projetos.

No artigo, na seção “Introdução”, se observa a seguinte informação:

a.8. “Na região de Belo Horizonte, Minas Gerais (Brasil), a formiga doceira mais relevante é a formiga fantasma (*Tapinoma melanocephalum*). Essa espécie tem como principal característica o hábito de se movimentar em fileiras perfeitas. Normalmente nidificam em gretas de portas, no teto de residências e próximas a fiações elétricas quando ocorrem no interior das residências (Hedges, 1992)”

Nesse trecho, observa-se a *descrição de características comportamentais e a utilização de informações obtidas em fontes científicas* evidenciada pelo emprego de citação. Dessa forma, parece que a escolha do grupo se fundamenta apenas em uma **justificativa conceitual**.

Entretanto, o discurso dos alunos traz evidências de que a escolha dessa espécie de formiga se fundamentou também em uma **justificativa pragmática** relacionada à facilidade de obtenção desses insetos, em boa quantidade, na residência de uma integrante do grupo. Nos discursos dos alunos, entre si, e com os colegas e professores, esse tipo de justificativa é evidenciada. Por exemplo, na terceira aula da disciplina (AULA 3), a primeira aula de apresentação de projetos filmada pelo pesquisador, quando Juan encerra uma breve *descrição dos procedimentos* esboçados para a investigação, observa-se a seguinte interação iniciada por um questionamento do professor Márcio:

Professor Márcio: Você falou esse halo aí((apontando para o desenho no quadro em que estava indicado o local onde se pretendia criar a barreira com o extrato de cebolinha)) / mas você já tem a quantidade de formiga(?) Essa é grandona(?) Pequeninha(?) Não conheço essa espécie de formiga.

Ana: Tem na sua casa/ mas você não vê/ ela é pequenininha/ muito pequenininha//

Juan: //geralmente está na pia/ você deixa cair um pedaço de pão//

Ana: Às vezes/ você come o pão e come ela.

Professor Márcio: Mas você tem isso(?)

Ana: Oh(!) Na minha casa tem/ a gente tentou fazer um ninho de formigas/ mas a gente não conseguiu de jeito nenhum/ porque elas mudavam.

A sequência transcrita aconteceu no segundo episódio da aula. Nele se observa uma *descrição de características morfológicas e comportamentais* que evidencia a ubiquidade dessa espécie de formiga. Ademais, é possível compreender que a escolha dessa espécie tem relação com uma integrante do grupo, Ana, já que, na residência da aluna, essa formiga pôde ser encontrada e coletada para a investigação.

No episódio 25, da próxima aula (AULA 4), a primeira aula no laboratório, novamente pode ser observado que Ana foi decisiva na escolha da espécie de formiga. Em determinado momento do episódio, uma aluna integrante de outro grupo, Romana, observa e faz questionamentos sobre o projeto do grupo. Ela então questiona de quem partiu a ideia de trabalhar com as formigas, e Débora prontamente a atribui a Ana, como pode ser observado no segmento transcrito e apresentado abaixo:

Romana: Essas formigas são o demônio/ quem que inventou de trabalhar com elas (?)
 Débora: Ana
 Romana: Ei Ana(!) Essas formigas são demônio/ você tinha que escolher essa(?)
 Ana: Ou(!) Elas são o caos.

Esse processo de tomada de decisão está representado no quadro 8. Nesse tipo de quadro-síntese, é identificada a fonte da informação na qual foram obtidos os dados, a ação na qual os alunos estavam envolvidos, as operações epistêmicas desenvolvidas e as justificativas apresentadas pelo grupo.

QUADRO 8
 Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre a escolha da espécie de formiga investigada

Problema	Fontes de informações	Ação	Operações epistêmicas	Tipo de Justificativa
Escolha da espécie da formiga	Artigo	Descrição das formigas	Descrever características comportamentais Usar informações conceituais	Conceitual
	Aula 3 (sala de aula)	Descrição das formigas	Descrever características morfológicas e comportamentais	Pragmática

4.1.3. A captura das formigas

Outro momento de tomada de decisão do grupo envolveu os procedimentos de captura e obtenção das formigas. No início, o grupo

considerava duas alternativas: a possibilidade de produção de um ninho das formigas em um aquário ou a captura das formigas com uma isca. No princípio, essa isca consistiria em um pedaço de pão, posteriormente, em um guardanapo embebido em água com açúcar. Em diferentes segmentos discursivos, pode-se observar o que levou o grupo à opção pela captura com a isca.

Na primeira sequência transcrita nessa seção, Ana menciona a tentativa de se produzir o ninho. Esse turno inicia um episódio, o terceiro da primeira aula de apresentação (AULA 3), cuja transcrição é apresentada abaixo.

Ana: Oh(!) Na minha casa tem/ a gente tentou fazer um ninho de formigas/ mas a gente não conseguiu de jeito nenhum/ porque elas mudavam.

Juan: Até o uso de protocolo/ mas nada deu certo.

Ana: A gente tentou contato com quem fez/ mas nada feito.

Juan: O autor do artigo não respondeu até agora/ uma colombiana/ sem sucesso/ sem preconceito com colombiano.

Professora Vilma: O artigo é recente(?) O artigo é recente(?)

Juan: É de uns dois anos/ parece.

Professor Márcio: Vocês vão pegar quantas formigas(?)

Ana: Um tanto porque tá difícil/

Professor Márcio: Um tanto/ hum(!)

Ana: É assim/ se você fizer tipo uma isca/ elas vão todas lá/ deixar um pão com açúcar/ com melado/ elas vão todas/ aí você pega isso e coloca dentro de um aquário e enrola uma fita/ igual eu trouxe na semana passada/ aí que não teve aula/ aí o que acontece/ aí gente vê que elas têm uma tendência de se acumular todas no papel((um guardanapo sobre o qual fica o pão)) / entendeu(?) aí elas ficam todas juntas/ muitas/ muitas/ mesmo/ A ideia era pegar o papel colocar no centro do halo, que vai ser o estímulo.

Esse episódio revela que, no momento da apresentação, o grupo *lidava com uma situação problemática*, indeciso quanto à forma mais adequada para se obter as formigas. Os integrantes mencionaram *a busca por informações metodológicas na literatura* que sugeria a possibilidade de produção do ninho e *descreveram o procedimento* encontrado pelo grupo para enfrentar o problema, que é a captura com a isca.

Em outro episódio, o terceiro da próxima aula (AULA 4) que acontece no laboratório, essa questão já se encontrava superada. Em *relato*, a professora Vilma, Juan e Fabiana apresentaram os motivos que levaram o grupo descartar a tentativa de montar o ninho.

Ana: É/o cara respondeu o nosso email/ não foi(?)

Professora: Não me diga/ vocês insistiram ou ficaram esperando(?)

Juan: Ficamos esperando/ tínhamos mandado para pesquisador da USP ou UNICAMP/ é USP ou UNICAMP (?) não sei.

Ana: UNESP.

Juan: Uma coisa assim/ UNESP/ aí um passou um tempinho assim/ um mês atrás/ agora ele respondeu.

Professora Vilma: O que que ele falou(?) Esqueci qual que era a pergunta.

Juan: Como que faz a colônia.

Professora Vilma: Ah/ a colônia(!) Tá é(!)

Fabiana: Aí ele que só no verão/ né(?) Que é mais propício/ que eles tentaram três meses e não conseguiram/ da última vez que eles tentaram.

Professora Vilma: Mas ele não tinham publicado sobre a colônia (?) Como vocês acharam(?)

Fabiana: Não/ tipo assim/ da última vez que eles tentaram que eles pegaram para fazer uma colônia/ aí não deu

Professora: Não conseguiram (?)

Juan:..((incompreensível)) o artigo que eu tinha achado antes que estava espanhol dessa colombiana/ tinha um cara/ uma mulher que publicou sobre essa formiga que conseguiu montar o ninho no laboratório (xx)

Professora: É mais ela tá no Caribe/ talvez não faça tanta diferença para ela.

Professora: E para a colombiana vocês escreveram(?)

Juan: Escrevi/ só que ela não respondeu

De posse das informações obtidas em consulta a especialistas e considerando as limitações de sua investigação, o grupo se munuiu de **justificativas pragmáticas** que sustentaram a decisão de não investir na produção do ninho. Afinal, o projeto está sendo realizado no segundo semestre do ano, período que compreende o inverno e a primavera no hemisfério sul, e, segundo as fontes consultadas, o período mais propício para produzir a colônia é no verão. Outro motivo é que um grupo de pesquisadores, que informou já ter produzido um ninho de formigas, tentou novamente por três meses e não teve sucesso em suas tentativas. O grupo de alunos considerou que eles têm apenas 4 meses para fazer todo o projeto. Além disso, a especialista colombiana, cujo artigo apresentava um protocolo para a produção do ninho, não respondeu ao email enviado por Juan. E talvez a experiência dela não possa ser reproduzida, pois, como atestado pela professora, ela se encontra em condições climáticas talvez mais propícias para a produção do ninho do que as encontradas pelo grupo no momento.

Dessa forma, o grupo já tinha estabelecido que a obtenção das formigas seria com a utilização de uma isca. Essa decisão foi *relatada à professora Vilma*, no episódio 7. Ela observou o aquário sobre a bancada e se assustou com a quantidade de formigas obtidas pelo grupo.

Professora Vilma: Como que você pegou mesmo (?) Que eu esqueci.

Ana: Eu fiz assim/ eu peguei um guardanapo/ aí eu coloquei uma água com açúcar/ mergulhei o guardanapo/ elas acumulam todas no guardanapo.

Professora Vilma: Ai você vai jogando o guardanapo (?)
 Ana: Aí eu pego o guardanapo e jogo aí dentro ((apontando para o aquário))
 / aí o que a gente está pensando em fazer também/ é porque fiz isso ontem/
 é fazer isso na segunda feira/ na terça feira já tiro aqui com a isca/ entendeu
 (?)

No trecho transcrito, Ana *descreveu o procedimento* realizado de captura realizado com a isca, um guardanapo umedecido com água com açúcar, que, repleto de formigas, era colocado dentro do aquário. Esse processo de tomada de decisão sobre a captura das formigas está sintetizado no quadro 9.

QUADRO 9

Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre captura e manipulação das formigas

Problema	Fontes de informações	Ação	Operações epistêmicas	Tipo de Justificativa
Captura e manipulação das formigas	Artigo	Descrição dos procedimentos	Descrever procedimentos	Pragmática
	Aula 3 (sala de aula)	Descrição dos procedimentos	Buscar informações metodológicas Descrever procedimentos Lidar com situação problemática	
	Aula 4 (lab.)	Relato à professora	Usar informações de especialistas Considerar limitações de sua investigação Descrever procedimentos	

4.1.4. O prazo para a captura das formigas

Na última interação apresentada na subseção anterior, há uma sinalização de uma discussão presente nos episódios 8, 9 e 10 dessa primeira aula de investigação. Essa *discussão sobre os procedimentos da investigação* envolveu Fabiana, Thiago, Juan e Ana e teve como foco a definição de um prazo para a captura das formigas como assunto principal. A discussão foi iniciada por Fabiana que apresentou uma **justificativa de senso comum** suscitando a possibilidade de deixar as formigas um período sem comer, algo **com** que, a princípio, Ana concordou.

Fabiana: Ana/ sabe o que eu acho/ que a gente tinha que pegar uns dias antes/ deixa ela ((as formigas))/ tipo pegar no domingo/ e deixar/ não até segunda feira/deixar até quarta sem comer para gente poder testar.
 Ana: Também pode ser.

No episódio 9, os integrantes do grupo passaram ao registro por escrito das informações e, de forma quase consensual, estabeleceram prazos de dois a três dias de antecedência para a captura das formigas e da retirada das iscas

para deixá-las com fome. Entretanto, em certo momento, Juan iniciou um segmento discursivo, *problematizando* as definições do grupo.

Juan: Mas será que faz diferença tá com a isca agora e depois colocar (?)

Fabiana: Elas vão ficar com fome.

Juan: Elas não vão comer/ elas não vão comer a isca, elas só pegam e levam lá para a colônia para decompor/ pro fungo

Diante do argumento de Fabiana sobre a possibilidade de deixar a formiga com fome, Juan *apresentou uma justificativa fundamentada em dados conceituais* de que as formigas não se alimentam do açúcar presente na isca. A fonte de alimentação das formigas é o fungo que se desenvolve na colônia quando decompõe os materiais coletados pelas operárias. Entretanto, a afirmação de Juan não se mostrou suficientemente consistente para convencer Fabiana, que insistiu com sua proposta de procedimento.

Fabiana: Mas aqui e se a gente fizesse tipo um controle/ deixando metade com fome e metade sem fome para ver qual que//

Ana: Não tem como deixá-la com fome ou sem fome porque isso aqui ((a isca)) não é o alimento delas/como é que eu vou convencer elas sair da colônia (?)

Thiago: Mas elas têm instinto a ir buscar isso ((a isca)), mesmo não sendo o alimento delas.

Fabiana: Não com fome ou sem fome não/ eu digo com pão e sem pão/ entendeu (?) Para gente ver se faz uma diferença o pão assim.

Ana: Olha/eu acho que a gente já pode de cara fazer isso com pão/dois ((dias))antes a gente tira.

Thiago: Se não tiver nada lá/ela vai em direção ((incompreensível))

Juan: Isso é verdade (!)

Ana: Por exemplo/ eu não sei se ela tendo acesso a isso ((o pão)) o tempo inteiro se ela vai continuar indo/ entendeu(?)

Thiago: É a gente tem, a gente tem que testar se ela tem acesso/ se ela tem acesso ela vai/ se ela tem acesso vai/ porque foi uma coisa assim/ eu botei uma formiga aqui e ela foi//((silêncio no grupo, professora chama atenção de outros grupos para a necessidade de se usar o jaleco no laboratório))/ Mas eu acho que tem um forma melhor a não ser que vocês queiram testar exatamente/ não é uma coisa que a gente tenta descobrir/então assim/ tirando o guardanapo/ deixa no aquário/ captura um dia ou dois antes((do experimento))/tira o guardanapo com açúcar essas coisas.

No segmento transcrito, podem ser evidenciados mais elementos dessa discussão. Ana, que inicialmente, concordou com Fabiana, já aderiu à tese de Juan: as formigas não se alimentam de açúcar. Entretanto, Thiago trouxe outra *justificativa do senso comum* à discussão: mesmo não sendo alimento das formigas, esses animais têm instinto de coletar açúcar. Fabiana reformulou a sua proposição inicial e sugeriu apenas a retirada do pão, para verificar se essa variável tem alguma influência, o que evidencia que a aluna se preocupava

com o controle de variáveis do experimento. Ana refutou a sugestão e propôs estabelecer um procedimento padrão: capturar as formigas com o pão, que seria retirado do aquário dois dias antes, pois *ela tinha como hipótese* que o contato prolongado com o pão pode influenciar na movimentação das formigas. Thiago argumentou que esse procedimento não era essencial ao trabalho do grupo. Ele *estabeleceu o procedimento* que deverá ser adotado: Ana deveria capturar as formigas e, um ou dois dias antes do ensaio experimental, os guardanapos devem ser retirados.

Dessa forma, o que se percebe é que os alunos utilizaram justificativas conceituais (as formigas se alimentam do fungo presente em sua colônia) e de senso comum (as formigas podem ficar com fome ou elas tem instinto por buscar) na discussão, mas novamente prevaleceu a **justificativa pragmática**. Afinal, a possibilidade de deixar a formiga com fome não foi percebida como um dos interesses da questão de pesquisa do grupo. Portanto, o grupo não deve perder tempo com esse procedimento.

Esse processo de tomada de decisão sobre o prazo de captura das formigas é apresentado no quadro 10.

QUADRO 10

Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre prazo de captura das formigas

Problema	Fontes de informações	Ação	Operações epistêmicas	Tipo de Justificativa
Prazos para a captura das formigas	Artigo	Descrição de procedimentos	Descrever procedimentos	
	Aula 4 (lab.)	Discussão sobre procedimentos da investigação	Propor procedimento Problematizar Usar dados conceituais Usar dados do senso comum Propor controle de variáveis Estabelecer padrões Levantar hipótese Considerar limites da investigação Estabelecer padrão	Senso comum Conceitual Pragmática

4.1.5. Armazenamento e transporte das formigas

Logo em seguida, no episódio posterior, o décimo primeiro da AULA 4, teve início mais *uma discussão sobre procedimentos* que envolviam as formigas. A discussão estava relacionada à questão do armazenamento e

transporte das formigas. Em princípio, o grupo utilizava um aquário contendo terra, um terrário, para armazenar as formigas. Nesse momento da aula, eles *consideraram as limitações desse artefato* e começaram a discutir acerca da funcionalidade de tal equipamento para a investigação. No início, o questionamento sobre a função do aquário para a investigação se sustentou primeiro na impossibilidade de se montar a colônia de formigas, uma **justificativa pragmática**. Depois, os integrantes *discutiram sobre os procedimentos* para a retirada das formigas do aquário para os ensaios. Como essa espécie de formiga tem hábito de se esconder em frestas da parede de residências, Thiago sugeriu colocar entulho de construção no aquário, o que iniciou a interação transcrita abaixo.

Ana: Olha só/ a função/a gente não vai conseguir montar colônia/ então a gente não tem para que a gente vai pegar entulho colocar só para dificultar a manutenção.

Juan: Pelo menos fica mais fácil para pegar/isso é verdade (!)

Fabiana: Podia tirar essa parte ((se refere a terra do aquário)).

Juan: Também tinha pensado nisso.

Ana: É deixar só um pouquinho de terra/só para ela se aglomerar/ Até seria bom tirar a terra para poder se aglomerar no guardanapo/ entendeu(?) Então/ quando tirar o guardanapo com a isca/ coloca um guardanapo limpo para ela se aglomerarem nele/ né(?)

Thiago: Tenta então tirar só o guardanapo.

Ana: Pois é(!) Quando eu chegar em casa hoje/ eu abro ((o aquário))/se a gente não usar todo hoje/ e outra coisa/ olha só/ se a gente não conseguir capturar elas ((as formigas))/ tem que fazer o seguinte/ a gente pode colocar o aquário no meio ((da fórmica))/ entendeu(?) E fazer isso assim((Ana balança as mãos simulando o gesto de balançar o aquário))/ balançar o aquário e elas vão.

Juan: É isso que eu falei.

Ana: Ao invés de fazer com o guardanapo/ Olha só aqui ((Ana aponta o aquário))/ elas não estão se aglomerando no guardanapo/ a gente coloca o aquário no meio((da fórmica)).

Juan: Então/a gente pode fazer o seguinte, a gente pode//

Ana: Mas aí a fórmica teria que ser maior.

Juan: Não sabe que a gente pode fazer//coloca isso ((o aquário)) aqui no meio ((da fórmica))/ não é(?) E pode colocar alguma coisa repelente aqui no meio ((do aquário))também/ entendeu (?) Joga cebolinha/ se a cebolinha for repelente/ se não for põe o cravo/ por exemplo.

Ana: A do meio(?)

Juan: Joga aqui ((dentro do aquário))/ Elas vão ter que sair/se ficarem no interstício disso aqui ((do interior do aquário e a região onde será colocado o halo de cebolinha)) e a cebolinha por exemplo/ entendeu(?) Quer dizer que a cebolinha também é repelente.

Nesse segmento, observa-se que a ideia inicial do grupo para a colocação das formigas no experimento consistia na seguinte estratégia: era retirado o guardanapo com isca e colocado um guardanapo limpo. Como

hipótese inicial, esperava-se que no guardanapo limpo as formigas se aglomerariam, pois *foi observado* anteriormente que as formigas apresentavam uma tendência de se amontoar no guardanapo com a isca. Entretanto, nesse momento, *considerando dados empíricos*, Ana trouxe uma observação conflitante com o que era esperado, já que as formigas não estavam se aglomerando nos guardanapos. Ela *propõe uma solução* para o problema: utilizar todo o aquário no ensaio experimental. Ele seria colocado no centro da fórmica e balançado para estimular a movimentação das formigas. Juan avalizou a ideia de Ana, sugerindo ainda a colocação de alguma substância repelente no interior do aquário para estimular a saída das formigas. Na *sua descrição do procedimento proposto*, Juan *apresentou também uma possível evidência que poderia suportar a hipótese* de que a cebolinha é repelente dessa espécie de formigas.

Thiago: Mas é o negócio/ se a gente fizer isso/ se a gente fizer isso no aquário tem que fazer um teste por dia.

Ana: Justamente/ um teste por dia/ mas por isso que eu estou falando se a gente tirar a terra e tentar que elas se aglomerem no guardanapo/ a gente consegue fazer isso.

Thiago: Ah melhor/ fazer o teste sem a terra.

Juan: Ou então/ pega um guardanapo e cada um fica colocando em um potinho aqui assim ((Juan mostra uma embalagem plástica que está sobre a bancada, onde se encontram formigas que foram resfriadas e coloca na frente de Ana)) (!)

Ana Ahaaaaaammm(!)

Thiago: Ao invés de fazer um aquariozão/ faz vários.

Essa ideia de Ana foi *problematizada* por Thiago, que apresentou uma **justificativa pragmática** e apontou uma importante limitação no procedimento. O procedimento implicava realizar apenas um teste por dia. Quando Ana retomou a necessidade do procedimento de aglomeração no guardanapo, Juan *apresentou uma alternativa* que seria a utilização de pequenas embalagens plásticas para armazenamento e transporte das formigas. A embalagem, trazida por Ana, continha formigas que foram resfriadas; resultado de um teste que foi proposto pela professora Vilma, na aula de apresentação, que será analisada ainda nesta seção. A ideia de Juan foi aprovada por Thiago que a complementou.

Em episódio posterior, o décimo primeiro dessa aula, os integrantes do grupo descreveram para a professora a alternativa criada pelo grupo para *lidar com o problema* de retirar as formigas para o experimento.

Professora Vilma: O problema que vocês estão com ele é como tirar elas daí e por na ((fórmica)).

Ana: É o que a gente pensou foi o seguinte/a gente tem duas formas: se a gente tirar essa terra aqui/ acho que a tendência é elas se aglomerar no guardanapo/ se a gente não conseguir/ se a gente abrir o aquário e balançar/ elas vão sair todas e a gente faz o experimento em um dia por exemplo.

Thiago: O problema é esse/ se a gente vai usar o aquário inteiro vai ser uma vez só.

Professora Vilma: Mas elas vão sair/ elas vão para o lugar que vocês querem que elas vão(?)

Ana: A gente vai fazer igual a que você deu ideia.

Professora: Ah(!) Vocês vão por dentro de uma ilha(?)

Ana: Ou então/ pode colocar nesta embalagem ((mostra a embalagem para a professora))/ também .

Juan: Porções de formigas.

Apesar da incerteza sobre o uso do aquário, o grupo optou pelo procedimento de colocá-lo no centro da fórmica para iniciar o ensaio experimental na aula. Entretanto, durante *a realização do primeiro ensaio experimental*, o procedimento traz alguns problemas, que se constituem em **justificativas empíricas** para o abandono do uso do aquário. O primeiro problema foi identificado pela professora: como saber o número inicial de formigas para comparar com o número de formigas que atravessam o halo de cebolinha *in natura*? Outro problema é que mesmo com toda agitação promovida pelos integrantes, - eles balançaram o aquário, mexeram nos guardanapos, jogaram cebolinha dentro do aquário-, muitas formigas continuaram no aquário.

Professora: Como que vocês vão contar(?)

Juan: A maioria está ficando aqui dentro ((no aquário)).

Thiago: A gente não sabe qual que é o número original ((de formigas)).

Professora: Não/ mas as ((as formigas)) que não passaram(?) Tem umas que não passaram.

Juan: É elas tão ficando tudo aqui dentro((aquário)).

Juliana: Mas elas ficam rodeando/ rodeando/ rodeando.

Fabiana: Esse negócio de colocar o terrário/ não dá certo/ porque você não sabe quantas ((formigas)) que vão ((ficar no interior do aquário)).

Thiago: É isso/ a gente não sabe quantas ((formigas)) que ficam dentro do terrário/ entendeu(?)

Fabiana: É porque elas ((as formigas)) voltam também/ só elas ((as formigas)).

Ana: Oh(!) Passou uma ((formigas)) aí ((a barreira de cebolinha)).

Juan: Mas não dá para você pensar que talvez//

Thiago: Saiam/ saiam.

Juan: Se bem que o aquário vazio/ podia fazer aquele negócio lá do peso.

Thiago: Tem que ser muito preciso.

Juan:Não/ mas é um valor estimado.

O segmento acima evidencia que no primeiro ensaio experimental Fabiana e Thiago já *avaliavam* negativamente o uso do aquário. Juan *apresentou uma proposta para lidar com a situação* que foi refutada por Thiago.

Thiago:Mas tem que ver o seguinte/ esse negócio de usar o aquário/ não foi adequado.

Ana: É não é o adequado/ mas vão ver hoje como que elas reagem.

Juliana: Mas hoje a gente pode usar.

Ana: E na próxima semana/ já trago tudo em potinhos com 37 formigas em cada um.

Em seguida, Thiago reforçou a sua *avaliação* sobre o uso do aquário, fato que foi corroborado por Ana que se propõe trazer as formigas para a próxima aula dentro das pequenas embalagens plásticas. Essa decisão foi fundamentada em justificativas pragmáticas (as limitações do aquário enquanto artefato para a pesquisa) e em justificativas empíricas (o uso do aquário dificultava a produção dos resultados da pesquisa tanto pela impossibilidade de saber quantas formigas ficaram no aquário, quanto pela dificuldade de estimular a saída das formigas desse recipiente).

Na próxima aula, a AULA 5, a segunda aula no laboratório, o grupo já não trouxe o aquário, mas sim três embalagens contendo guardanapos e formigas. A cada ensaio experimental, os integrantes do grupo bateram e agitaram essas embalagens e as colocaram abertas no centro da fórmica e iniciaram a marcação do tempo. O processo de discussão que levou a adoção de tal procedimento é apresentado no quadro 11.

QUADRO 11

Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre armazenamento e transporte das formigas

Problema	Fontes de informações	Ação	Operações epistêmicas	Tipo de Justificativa
Armazenamento e transporte das formigas	Artigo	Descrição de procedimentos	Descrever procedimentos	Pragmática Empírica
	Aula 4 (lab.)	Discussão sobre os procedimentos do experimento	Considerar limitações do experimento Apresentar hipótese Apresentar dados empíricos Propor procedimentos Identificar evidências Problematizar Propor procedimentos	
		Relato a professor	Apresentar alternativas Descrever procedimentos	
		Realização do primeiro ensaio experimental	Lidar com situação problema Observar Avaliar resultados Usar dados da investigação Propor procedimento Avaliar procedimento Definir procedimento	

4.1.6. A temperatura das formigas

A última tomada de decisão sobre captura e manipulação das formigas diz respeito ao resfriamento das formigas. Essa proposta foi dada pela professora Vilma, na primeira aula de apresentação de projetos (AULA 3), filmada para esta pesquisa. Nesse episódio, a professora que assistia à apresentação do grupo se levantou e fez a intervenção apresentada no transcrito abaixo.

Professora Vilma: Posso dar uma ideia(?) Se vocês conseguirem colocar essa formigas no centro ((mostra em desenho feito por Juan no quadro, um retângulo com uma elipse ao centro))/ e colocar cebolinha aqui ((mostra um dos lados do desenho))/ nada aqui ((mostra outro lado))/ o seu controle positivo aqui ((outro lado))/ sei lá o que aqui ((outro lado do retângulo))/colocar quatro armadilhas/quatro atraentes/aí agora você tem sempre o mesmo número aqui/aí vai contar quantas vieram para cá/ quantas vieram para lá/e água aqui ((ao redor do retângulo)) porque elas ((as formigas)) vão se afogar.

Professor: Poço(!) Fosso(!)

Professora: Lá no meu laboratório/ tem uma que nós estamos ensinando a nadar/ o bolo/ a gente põe em cima da água/ elas ((as formigas)) se atiram na água/ um dia uma vai chegar// nós estamos selecionando uma que saiba

Professor: Uma nadadora (!)

Professora: Agora/ ainda penso que essa formiga tem chegar dormindo nesse laboratório/ será que tem um jeito de por formiga para dormir(?) ((risos da turma))

Professor: Semestre passado teve um ensaio com formiga também//
Professora: Eu acho que se puser na geladeira/ela para e volta/

Nesse momento, não é possível identificar nenhum tipo de justificativa empírica ou conceitual que sustente a recomendação da professora. Na próxima aula (AULA 4), a primeira que aconteceu no laboratório, Ana trouxe, na embalagem plástica, já mencionada nesta seção, algumas que foram resfriadas na geladeira. No episódio 22, no qual o grupo realizou o primeiro ensaio experimental e encontrou dificuldades para a saída das formigas do interior do aquário, pode ser encontrada uma **justificativa pragmática** para a sugestão da professora.

Professora Vilma: Se você puser elas ((as formigas)) na geladeira e pescar com o pincel/ não dá certo/ não (?)
Thiago: Pescar com o pincel(?)
Ana: Eu não sei/ Porque assim eu coloquei elas ontem na geladeira a noite e fui dormir/ ai hoje de manhã eu tirei elas/ aí eu não sei o tempo que elas demoram para//
Professora: ((incompreensível))
Ana: Minha mãe vai abrir essa geladeira cheio de potinho de formiga.
Thiago: Com o pincel dá sim/ Eu já peguei formiga com pincel.
Ana: Eu acho que deve dar sim (3s) Mas eu não sei quanto tempo também elas precisam para voltar à ativa/ né(?).
Professora: Ah(!) Você não mediu(?)
Ana:Não/ Porque eu peguei as 6:15 da manhã e por volta de mais ou menos 9:40 9:50/ eu peguei elas ((as formigas)) no carro/ aí elas já estavam vivas/ Então não sei quantas tempo elas ((as formigas)) demoram((a voltar a ativa))/ três horas/ duas horas/ porque senão a gente poderia colocar uma contagem de formigas x aí com o pincel e controlar/ né/uai(?) Se a gente souber o tempo que elas demoram se elas demoram/ Eu cheguei aqui 7:20/ elas tavam mortas ainda/ Mortas não/dormindo.

No trecho transcrito acima, parece que a justificativa para o resfriamento está relacionada à possibilidade de manipulação das formigas com o objetivo de colocá-las no centro da fórmica. No final da aula, Ana e a professora voltaram a discutir essa possibilidade, sendo que a aluna *se propõe fazer um teste* para verificar quanto tempo as formigas demoram a voltar à ativa.

Na próxima aula (AULA 5), a segunda realizada em laboratório, Ana trouxe as formigas em embalagens plásticas que foram colocadas na geladeira. No episódio 9, Ana *descreveu o procedimento* para o professor Carlos e para seus colegas, conforme pode ser observado no transcrito abaixo.

Ana: Na hora que, não sei se a Vilma ((a professora))/ sei se você ((se refere ao Professor Carlos)) estava aqui no dia/ acho que não tava não/ a

Vilma sugeriu que a gente colocasse a formiga na geladeira que ela ficava parada/ aí depois de um tempo ela voltava/ ressuscitava.

Professor Carlos: É

Ana: Na última quarta/ a gente fez esse teste e realmente acontece isso/ Só que a gente não sabe quanto tempo elas ((as formigas)) demoram para voltar ficar ativa de novo

Professor Carlos: Ah(!)

Ana: Porque/ olha só/naquele dia eu tirei às seis horas/ tirei seis horas da manhã/ semana passada/ a hora que eu cheguei aqui/ tipo assim/ seis e quarenta e já olhei sete e meia assim/ não tava acordada/ sério mesmo, achei que ela tinha até morrido/ entendeu(?)

Fabiana: Mas que hora você tirou ela(?)

Ana: Seis horas/ Hoje foi muito mais rápido.

Patrícia: Mas tem que ter uma noção

Fabiana: Elas tavam na geladeira hoje também(?) Mas já tão bem/ aí(!)

Débora: Elas tão andando aqui ((com duas embalagens de plástico na mão e observando-as))

Ana: Mas precisa ver a hora que tirei elas do carro/ nô/ elas tão mortas/ aí comecei mexer assim/ elas começaram a mexer.

Na primeira *observação* do grupo, as formigas pareciam estar bem, com boa movimentação. Entretanto, durante a *realização do segundo ensaio* experimental, no episódio 17, o grupo identificou certa letargia das formigas.

(1)Thiago: Estão estagnadas.

(2)Ana: Eu que acho que na geladeira ((incompreensível)) está ruim para elas/ Estou falando sério.

(3)Patrícia: Tem manter, quanto você tem que ter manter na geladeira (?) Vai ver que tem que manter menos tempo.

Nesse episódio, os alunos verificaram pela segunda vez, se o cravo da índia *in natura*, que estava formando um halo ao redor da embalagem plástica, tinha propriedade repelente. Nesse ensaio experimental, eles tentaram diminuir as interferências externas, como mexer na embalagem e nos guardanapos. Para Ana, a ausência de movimentação das formigas atestada por Thiago poderia ser atribuída ao resfriamento das formigas. A *hipótese* levantada por Ana não é a única apresentada pelo grupo, por exemplo, existe a *hipótese* de que o cravo da índia atua como barreira física ou como repelente e, ainda, de que o guardanapo que está na embalagem de transporte das formigas está impedindo a sua movimentação.

Sendo assim, o grupo *propôs realizar outro ensaio experimental*, o terceiro do dia, apresentado no transcrito abaixo.

Ana: O que a gente poderia fazer é o seguinte/ pegar um/ uma folha em branco e virar isso aqui ó que quase tá tudo morta e vê se elas vão saindo para os lados por exemplo / entendeu(?) Por exemplo//

Fabiana: Melhor deixar//

Ana: Olha só/ as vezes, elas tão, as vezes/ Tem esse aqui ainda/ Porque as vezes elas tem ficado aqui no papel por causa do cravo/ entendeu?

Patrícia: Pois é/ isso a gente pode descobrir só pegar/ é/ pegar uma que não foi para a geladeira e ver se//

Ana: Não/ Patrícia/ não é isso/ eu tava falando é o seguinte.

Patrícia: Porque você falou que isso não é o comportamento normal ((das formigas)) o que pode ter afetado(?) Ela ter ficado muito tempo na geladeira.

Ana: Mas na geladeira/ ela ((a formiga)) não precisa de ficar mais/ entendeu(?)

Patrícia: Então isso que eu tô falando/ para descobrir se isso dela ter ficado aqui/ que você falou que não é normal/ foi o motivo dela ter algum efeito que aconteceu quando foi para a geladeira ou se foi exatamente o cravo/ Aí se colocar ela sem nada e ela manter o mesmo padrão/ talvez seja o cravo.

Débora: Tem que fazer sem o cravo/ tem que fazer o cravo/ Para ver se elas vão fugir se ela vão sair.

Ana: É isso que eu falei.

Débora: Tirar tudo e por ela aqui e ver se ela dispersar/ Se ela não dispersar/ não adianta a gente tá fazendo nada disso.

Patrícia: A gente tem formiga aqui(?)

Débora: Eu também acho que o normal delas seria dispersar/ mas depois que elas tomaram foi congelada depois/ depois descongelada/ tadinha/ eu não sei mais não.

Nesse momento, *considerando principalmente as hipóteses* de que o resfriamento ou o cravo da índia estivessem interferindo na movimentação das formigas, Ana propôs retirar os cravos da índia da fórmica e colocar apenas as formigas e observar a sua movimentação. Para ela, se as formigas saírem do centro da fórmica, existe a possibilidade de que o cravo tenha alguma ação repelente; se ficarem, o cravo não tem ação repelente. Além disso, o teste proposto permitiria observar a movimentação das formigas. Eles *realizaram o teste*, no décimo nono episódio, e *observaram* os resultados. A *avaliação* do grupo pode ser observada na transcrição abaixo.

Patrícia: Guarda eles ((as formigas))/ acabou.

Ana: E aí quer que guarda ou continua esperando(?)

Thiago: Quantas saíram(?)

Ana: Muitas.

Débora: Ah(!) então elas ia sair mesmo.

Ana: Pode guardar(?)

Débora: Mas aqui/ semana que vem não põe esse trem ((as embalagens plásticas contendo formigas)) na geladeira/ acho que elas estão acordando agora/ Assim/ quem sou eu(?)

Patrícia: Onde estou(?)

Juan: É mesmo dá impressão disso.

O episódio em questão durou aproximadamente onze minutos. Os alunos *observaram* que aos poucos as formigas começaram a se movimentar e se deslocar em direção às extremidades da fórmica. Por meio de dados empíricos, isto é, de **uma justificativa empírica**, o grupo descartou o

procedimento de resfriamento das formigas. No episódio 21 dessa aula, Ana informou ao professor Carlos sobre a decisão do grupo.

Ana: E também a Vilma ((professora)) acontece o seguinte/ falou se colocasse a formiga na geladeira ela ficava mais paradinha/ só que gente tá achando que ela tá ficando meio lerda.

Professor: Ela tá demorando demais.

Ana: E não precisa colocar na geladeira/ não precisa colocar na geladeira/ a gente pode trazer ela sem colocar na geladeira/ a gente pode trazer elas sem colocar na geladeira/ entendeu(?) Porque às vezes a gente consegue ver mais como ela funcionaria naturalmente.

Professor Carlos: É.

Juan: Porque que a Vilma falou isso(?)

Fabiana: Eu acho que ela falou para auxiliar a gente contar.

É particularmente interessante observar que as razões que motivaram o grupo a adotar tal procedimento, a justificativa pragmática dada pela professora de que as formigas resfriadas poderiam ser manipuladas de forma mais fácil, foi esquecida. Os alunos se muniram de justificativas empíricas: a observação do aumento da atividade das formigas com o tempo, pelo possível reaquecimento das mesmas, para fundamentar a decisão de utilizar as formigas em temperatura natural.

O quadro 12 apresenta a síntese do último processo de tomada de decisão sobre os procedimentos de captura e manipulação das formigas.

QUADRO 12

Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre captura e manipulação das formigas

Problema	Fontes de informações	Ação	Operações epistêmicas	Tipo de Justificativa
Temperatura das formigas	Aula 3 (sala de aula)	Intervenção dos professores	Ouvir e avaliar sugestões de colegas e professores	Pragmática
	Aula 5 (lab.)	Realização do primeiro ensaio experimental	Lidar com situação problema Propor teste Usar dados da observação	Pragmática Empírica
		Relato a professor e colegas do grupo	Descrever procedimentos Observar	
		Realização do segundo ensaio experimental	Observar Levantar hipóteses Avaliar hipóteses Propor procedimentos Identificar evidências	
		Realização do terceiro ensaio experimental	Observar Avaliar resultados Propor procedimentos	
		Relato a professor	Apresentar procedimentos	

4.1.7. Um olhar sobre as tomadas de decisão do grupo: a captura e armazenamento das formigas.

Com a decisão de utilizar as formigas em temperatura ambiente, são encerrados os processos de tomada de decisões relacionados aos procedimentos de captura e armazenamento. Esse conjunto de decisões foi tomado nas primeiras três aulas filmadas - Aula 3, Aula 4 e Aula 5.

Se não há registros de problemas ou conflitos no artigo, a análise das interações traz elementos históricos e sociais que evidenciam como os participantes vivenciaram de forma intensa o processo de tomadas de decisão. Na análise, não foi possível explicitar o início de alguns dos processos de tomada de decisão, por exemplo, no caso da escolha da espécie de formigas ou das alternativas para a obtenção das formigas – a montagem da colônia ou a utilização de isca para captura de formigas na residência de Ana. Outros processos têm suas origens relacionadas a alguma situação da investigação,

como a inadequação do uso do aquário nos ensaios experimentais ou como a orientação de um professor, visto na alternativa de resfriamento das formigas.

Destacando as diferenças entre os momentos de produção e de comunicação do conhecimento científico propiciadas pela disciplina e pela atividade investigativa, percebe-se que as situações de produção do conhecimento científico analisadas, as aulas 4 e 5, são marcadas por uma maior diversidade de operações epistêmicas do que os momentos de comunicação, a aula 3. A diferença entre as operações epistêmicas se relaciona diretamente com a natureza das situações de comunicação que são mais organizadas e previsíveis do que as situações de produção. As situações são mais marcadas pela imprevisibilidade das circunstâncias locais.

Na aula 3, identificada como um contexto de divulgação de informações do andamento do projeto, verificam-se operações epistêmicas de descrição do objeto de pesquisa, descrição dos procedimentos da investigação, relatos de busca de informações metodológicas e de enfrentamento de situações problemáticas. Já nas aulas 4 e 5, que foram realizadas no laboratório, foi observado que os alunos levantaram hipóteses, lidaram com situações problemáticas, consideraram as limitações da investigação, problematizaram, propuseram procedimentos, estabeleceram procedimentos, realizaram observações, avaliaram etc. Essa diversidade de operações epistêmicas das aulas de produção está diretamente relacionada às condições materiais presentes e ao enfrentamento das dificuldades para o desenvolvimento de uma metodologia adequada para a investigação. As aulas de produção apresentam uma maior dinâmica que é sempre retroalimentada, principalmente quando os alunos são confrontados com as controvérsias entre o que é planejado e o que pode ser feito e/ou é evidenciado pelos experimentos ou testes realizados.

Observa-se também que, nos processos de tomada de decisões relacionados à captura e à manipulação das formigas, mais justificativas de natureza pragmática puderam ser constatadas. Isso pode estar relacionado ao fato de que, no início da investigação, os alunos ainda consideravam as condições de produção, em termos materiais, e o tempo disponível, oferecidos pela disciplina. Esse período também foi marcado pelo reconhecimento das características das formigas e das finalidades de outros artefatos, como o

aquário e as embalagens plásticas. Contudo, com o tempo, as justificativas empíricas passaram a estar mais presentes, indicando a contribuição dos ensaios experimentais e das discussões sobre os resultados obtidos no desenvolvimento da investigação.

Esse conjunto de decisões demonstra outro registro de aprendizagem que ocorreu na e pela prática do grupo. Nas próximas aulas de produção, eles já demonstravam ter o domínio dos métodos de captura e de armazenamento das formigas e seguiam os procedimentos definidos nessas discussões, algo que é apresentado no artigo. O único problema associado à captura das formigas que ainda iria preocupar o grupo era a obtenção de um número suficiente de insetos para realizar os ensaios experimentais.

A análise das interações traz também uma evidência de que a atividade do grupo se desenvolve de forma condizente e esperada segundo um dos objetivos da disciplina, que é a promoção de uma atitude de investigação participativa e autônoma. Afinal, os processos de tomada de decisão são marcados por uma postura ativa desses alunos na busca de soluções para os problemas enfrentados nessa etapa da atividade.

4.2. Escolha da espécie vegetal para a produção do extrato vegetal

Nessa seção, serão apresentados e analisados os episódios de tomada de decisão relacionados aos procedimentos de escolha da espécie vegetal para a produção do extrato que seria utilizado nos ensaios experimentais. Como na seção anterior, primeiro será analisado o texto do artigo com a análise das expressões e frases que evidenciam a utilização de elementos da linguagem científica. Posteriormente, serão apresentadas e analisadas as interações que mostram os problemas, indecisões e discussões nos momentos de escolha ou definição de procedimentos.

4.2.1. Análise do artigo: o cravo da Índia como artefato da atividade

No artigo produzido, encontra-se a exposição dos procedimentos de maceração dos cravos da Índia e de filtração do macerado apresentada no quadro 13. Esse trecho inclui informações sobre a utilização do extrato de

cravo da Índia nos ensaios experimentais cujos processos de tomada de decisão serão analisados na próxima subseção. A apresentação da análise do trecho nesta subseção se deve ao fato de que tanto a escolha da espécie vegetal quanto o questionamento acerca de sua utilização podem ser considerados eventos interdependentes.

Na análise do texto do artigo, observam-se grupos nominais com alta densidade léxica e ausência de sujeito que são marcas da linguagem científica. Como exemplo da primeira característica, tem-se expressões como “os cravos-da-Índia (*Eugenia caryophyllata*) adquiridos comercialmente”; “nesse processo de maceração de cravos”, “a extração de moléculas e substâncias”, “variação na quantidade de cravos”. Já a ausência de sujeito é demonstrada por frases em voz passiva como: “Os cravos-da-Índia (*Eugenia caryophyllata*) adquiridos comercialmente foram macerados com pistilo e cadinho de cerâmica”, “O “líquido” obtido a partir da maceração/extração foi aplicado sobre um funil de cerâmica contendo papel de filtro, para se tentar filtrar de forma superficial a matéria sólida que ainda estivesse contida no extrato”.

QUADRO 13

Trecho da seção Métodos e Procedimentos no artigo “Avaliação da propriedade repelente de *Eugenia caryophyllata* em formigas *Tapinoma melanocephalum*” produzido pelo grupo investigado

2. Maceração dos cravos:

Os cravos-da-Índia (*Eugenia caryophyllata*) adquiridos comercialmente foram macerados com pistilo e cadinho de cerâmica. Nesse processo de maceração foram utilizados 50ml de água para a extração de moléculas e substâncias dos cravos que seriam testadas em formigas para a verificação da atividade repelente. Nos experimentos, houve variação na quantidade de cravos no método de maceração e extração, para a mesma quantidade de água (50ml), a fim de se criar diferentes concentrações de extrato para análise.

3. Filtração

O “líquido” obtido a partir da maceração/extração foi aplicado sobre um funil de cerâmica contendo papel de filtro, para se tentar filtrar de forma superficial a matéria sólida que ainda estivesse contida no extrato.

Novamente, evidencia-se no texto uma *descrição de procedimentos* com o emprego adequado da linguagem científica, o que propiciou o seu distanciamento das condições sócio-históricas que envolveram a situação de produção.

Na análise discursiva que será apresentada a seguir serão destacadas as interações que envolveram tomadas de decisões sobre o tipo de vegetal a ser pesquisado, que aconteceram em um conjunto de 4 aulas: 2 de apresentação - AULA 3 e AULA 6 - e 2 aulas de experimentos - AULA 4, AULA 5. O registro do conjunto de tomada de decisão está ilustrado na figura 8.

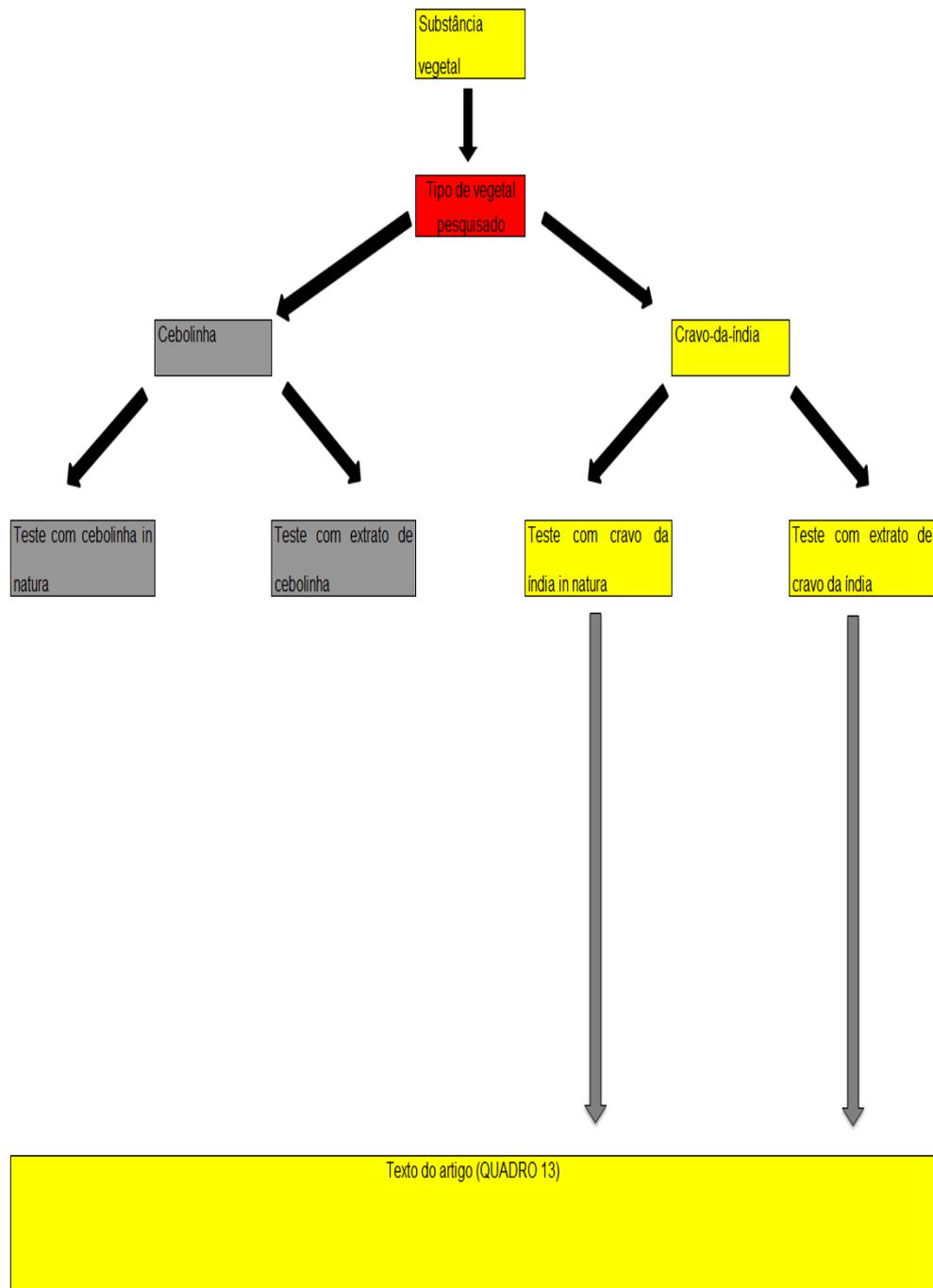


Figura 8. Diagrama dos processos de tomada de decisão sobre a escolha do vegetal pesquisado

4.2.2. A primeira decisão: a cebolinha como fonte da substância repelente

A decisão inicial relacionada à espécie vegetal da qual seria obtido um extrato para ser utilizado no teste já estava presente no projeto produzido pelo grupo. Esse documento, entregue no semestre anterior, informava que o grupo iria pesquisar a ação repelente da cebolinha sobre a formiga fantasma. Entretanto, nos primeiros testes realizados no laboratório (AULA 4), o grupo teve que alterar o projeto e o cravo da Índia passou a ser o vegetal empregado na pesquisa. Essa decisão foi tomada a partir de muitas discussões entre os integrantes do grupo. Como o processo de tomada de decisão se revelou muito complexo, com ações se sobrepondo, optou-se por primeiro apresentar as análises referentes às discussões sobre o uso da cebolinha e só depois as que se referem ao cravo da Índia.

No primeiro parágrafo do relatório de atividades, trecho já apresentado no capítulo 3²⁴, o grupo indica que a escolha desse vegetal foi baseada em conhecimentos tradicionais, evidenciando uma **justificativa de senso comum**, segundo a qual o plantio de cebolinha em hortas é uma medida preventiva tradicional contra ataques de formigas. No segundo parágrafo, que será apresentado abaixo, o grupo sinaliza que a inovação do projeto estaria relacionada a uma *hipótese* de verificação se a cebolinha teria ação semelhante sobre uma espécie de formiga urbana, a formiga fantasma. Havia a expectativa de que, caso fosse comprovada a propriedade repelente da cebolinha, novos testes poderiam ser realizados.

a.5 (...) foi selecionada a espécie de cebolinha (*Allium fistulosum*) utilizada nesse tipo de processo e uma espécie de formiga (*Tapinoma melanocephalum*) urbana doceira, com objetivo de se verificar se capacidade repelente da cebolinha em questão, também se aplicava a espécies doceiras do inseto. Caso essa propriedade repelente fosse comprovada, seriam realizados processos para isolar a molécula responsável por tal propriedade.

No trecho acima, observa-se novamente elementos da linguagem científica, por exemplo, ausência de sujeito com frases construídas na voz passiva “ (...) foi selecionada (...)”; “ (...) seriam realizados processos (...)” e

²⁴ Ver pág.113

utilização de termos técnicos como nomes científicos dos seres vivos estudados “a espécie de cebolinha (*Allium fistulosum*)” e “(...)uma espécie de formiga (*Tapinoma melanocephalum*) urbana doceira, (...)”.

No primeiro episódio da terceira aula da disciplina (AULA 3), na atividade de apresentação de projetos, Juan iniciou a sua exposição com uma *apresentação da questão de pesquisa e da hipótese* do grupo. Ele também *descreveu os procedimentos planejados para a investigação*.

Juan: O nosso trabalho é avaliar a ação de cebolinha/ cebolinha de casa mesmo que se usa para tempero/ *Allium schoenoprasum*/ em formiga *Tapinoma melanocephalum*/ formiga fantasma/ A gente vai avaliar a propriedade repelente do *Allium schoenoprasum* cebolinha sobre essas formigas e depois tentar isolar a substância ou extrato/ o que for que realmente tenha essa propriedade (.)

Thiago: A gente não teve tanto//

Professor: e as formigas(?)

Juan: Ela é a fornecedora de formigas ((aponta para Ana))/ A gente vai tentar primeiro/ usar ela/ picar a cebolinha/ e fazer tipo um halo entre elas/ fazer com que elas fiquem no centro/ algum estímulo físico para que elas saiam/ E ter um controle positivo também/ alguma coisa que seja um repelente de formigas/ a gente tava pensando nisso agora/ para dar um mesmo estímulo para ver se conseguem sair do halo ou não/ A mesma coisa seria com a cebolinha/ colocaria o extrato de cebolinha macerado/ depois tentaria colocar com água destilada/ em diferentes concentrações 50%/ 1%/ 10% para ver até aonde a propriedade acontece/ ver se realmente existe essa propriedade repelente/ naturalmente parece que sim/ e ter o cuidado também de manter no início/ a gente vai testar com orgânica mesmo/ toda cebolinha é orgânica/ mas sem agrotóxico/ porque as vezes herbicidas/ inseticidas/ etc/ afastam.

Juan *descreveu o design* dos ensaios experimentais definidos pelo grupo, que consistia em dispor sobre uma superfície em um grande halo a cebolinha *in natura* ou seu extrato aquoso. O recipiente em que as formigas foram mantidas seria colocado no centro desse halo. Elas seriam estimuladas a se movimentar com batidas tanto no recipiente quanto na superfície e, com isso, era esperado que os insetos se agitassem e tentassem atravessar a barreira formada pela cebolinha ou seu extrato. Caso a cebolinha ou seu extrato apresentasse propriedade repelente, as formigas não atravessariam essa barreira, confirmando a hipótese do grupo: o vegetal apresenta propriedade de repelir essa espécie de formiga. De posse desse resultado positivo, Juan *apresentou variáveis* que poderiam ser observadas como, por exemplo: a produção de extratos com diferentes concentrações para verificar se há um limite no efeito repelente da substância pesquisada. No final da

exposição, Juan apresentou um *possível controle de variáveis* que consistiria na utilização de cebolinha cultivada sem agrotóxicos, pois essas substâncias poderiam interferir nos resultados observados pelo grupo.

Ao final da exposição, em interação já apresentada na seção 3.1, Ana argumentou que a decisão do grupo foi também fundamentada pela possibilidade de se produzir um repelente natural que pudesse ser utilizado em ambientes domésticos. Na AULA 3, como apresentado na seção anterior, há questionamentos ao grupo, por parte dos professores e colegas de turma, sobre a manipulação das formigas, e não sobre a possibilidade da cebolinha repelir essa espécie de formiga. Dessa forma, o grupo não apresentou nenhuma justificativa para a escolha desse vegetal.

Entretanto, na primeira aula no laboratório (AULA 4), na *realização dos primeiros ensaios experimentais*, o grupo *observou* uma ausência do resultado esperado, ou seja, as formigas não se mostravam afetadas pela cebolinha, e atravessam a barreira que as deveria repelir. Eles *realizaram dois ensaios experimentais*: um com a cebolinha *in natura* e o segundo com o extrato de cebolinha.

O primeiro ensaio experimental foi realizado no episódio 22 e consistiu na colocação de pedaços cortados de cebolinha em um grande círculo sobre um pedaço de fórmica. Depois, o aquário contendo as formigas foi colocado no centro deste halo. O aquário foi aberto e, com isso, teve início o primeiro ensaio experimental do grupo:

Thiago: Essa aqui ((a formiga)) passou ((pela barreira de cebolinha)).

Ana: Ela passou, mas ela passou pela/(?)

Juan: Passou.

Ana: Passou pela cebolinha/ né(?) Passou pela cebolinha/ né(?)

Thiago: Ela podia tá no braço de vocês também/ Vocês tavam com a mão lá dentro.

Débora: Ah é(!)

Thiago: Débora/ depois você põe assim ((faz uma demonstração))/por isso que não pode ficar encostando.

Juan: Você viu uma passando (?)

Ana: Não é repelente (!)

Professora: Elas estão indo para cebolinha (?)

Juan: É elas estão gostando/ Elas estão nadando na cebolinha.

Professora: Elas saíram é (?)

Ana e Débora: [Aham] (!)

Juan: Umas duas ou três saíram mesmo.

Nesse segmento, Ana e Juan *forneceram dados* da movimentação das formigas. As formigas saíam do aquário e atravessavam a barreira de cebolinhas cortadas, o que contradiz a hipótese inicial do grupo. Ana *apresentou uma conclusão inicial* de que a cebolinha não é repelente. Os integrantes do grupo começaram a *propor alternativas* para dar prosseguimento à investigação. A primeira alternativa sugerida foi fazer o teste com o extrato de cebolinha.

Fabiana: Não o negócio/ não sei/. Será que gente tentar o macerado vai que funcionar melhor (?)

Ana: Não/ mas se assim ((in natura)) ele ((a cebolinha)) não repele.

A *hipótese* de Fabiana, de que o extrato possa ter um efeito repelente, é reforçada pela professora e sustentada por uma **justificativa pragmática**: o grupo tem material (formigas e cebolinha) e tempo para realizar o teste nesse mesmo dia. Observe o transcrito a seguir:

Professora Vilma:(...) Mas se o extrato de cebolinha repelir (?)

Juan: É na aula que vem a gente pode trazer tipo/ a cebolinha fazer um extrato com ela e trazer outras também/ outras ervas também.

Professora Vilma: É/ outras coisas tipo cravo também que vocês sugerem

Ana: Escuta/ vamos contar aqui ((o número de formigas que saiu do halo de cebolinha))/ vamos contar aqui/ que ela trouxe o filme para gente ((filme-plástico para revestir a entrada do aquário))/ guarda essas formigas para daqui a pouco/ acabar de fazer essas que estão aqui/ olha/ e como que fala (?) E fazer o//

Juan: O extrato.

Ana: Um extrato dessa cebolinha que tá aqui ((em uma embalagem plástica))/

Juan: Ah dá tempo(!) Quantas horas (?)

Antes de analisar os eventos relacionados ao teste com o extrato, é necessário destacar que outras duas alternativas foram consideradas: a troca da espécie de formiga e a substituição da cebolinha pelo cravo da Índia. A alternativa de substituição da cebolinha pelo cravo da Índia será elemento de análise mais aprofundada ainda nessa seção, mas a ideia de mudar a espécie de formiga será destacada nesse momento.

Ainda no episódio 22, durante a realização do primeiro teste, o grupo começou considerar a possibilidade de troca de espécie de formiga, como pode ser observado no transcrito abaixo:

Ana: Cebolinha não adianta/ então o próximo cravo da Índia/ né(?)

Juan: Não sei(!) Já vi formiga ((incompreensível)) com a cebolinha ((incompreensível))? Não sei se era dessa.
 Thiago: Será que valia a pena/ sei que é muito difícil/ a gente pegar/ pegar formiga de horta e ver se/(?).
 Juan: Ah(!) Deve ser mais difícil ainda.
 Professora Vilma: O que vai ser difícil (?)
 Juan: Pegar formiga de horta/ Pensar que futucar uma colônia delas para a rainha sair é mais fácil/ mas.
 Thiago: Diz que elas são repelidas/ Elas são repelidas/ as formigas de horta que são repelidas pela cebolinha.
 Professora: Ah é(?)
 Thiago: Diz que eles plantam cebolinha.
 Fabiana: O pessoal de horta planta/ né(?)
 Ana: Cebolinha intercalada com outra coisa.

Nesse segmento, observa-se que Thiago *propôs a alternativa* de troca da formiga fantasma por uma espécie de formiga que pode ser encontrada em hortas. Essa alternativa foi fundamentada em uma **justificativa empírica**, isto é, a ausência de efeito repelente sobre a formiga. Além disso, essa proposta foi orientada pela **justificativa de senso comum** que levou ao grupo escolher a cebolinha como vegetal de estudo: o uso da cebolinha como cultivo tradicional de prevenção ao ataque de formigas. A alternativa é *problematizada* por Juan com uma **justificativa pragmática** que *identificou uma limitação* na proposta de Thiago: a dificuldade na obtenção desse tipo de formigas encontrada em hortas.

Voltando à análise da alternativa do extrato de cebolinha, os alunos iniciaram a *preparação e realização* do segundo teste. Eles produziram um extrato aquoso e, com o auxílio de um conta-gotas, o aplicaram sobre a fórmica em um grande círculo. Logo após, colocaram o aquário no centro do círculo, abriram-no liberando as formigas e *observaram* a movimentação dos insetos.

Durante esse teste que ocorreu no episódio 25, a avaliação do grupo sobre a propriedade repelente da cebolinha sobre a formiga fantasma continuava a ser negativa, como pode ser observado no transcrito abaixo.

Débora: Até a gota ela ((a formiga)) veio.
 Fabiana: É Ana/ foi doze ((formigas)) mas se você for pensar relativamente o que saiu ((do halo formando por gotas de extrato de cebolinha)) da primeira vez/ né(?)
 Juliana: A lá ((chamando atenção para uma formiga sobre a fórmica)), ela dentro da gota/ ela tá viva ainda.
 Ana: Não/ ele não é um inseticida.
 Fabiana: Nem um repelente.
 Ana: Muito menos um repelente/ né (?) ((risos))
 Juan: Vai contar não/ vai (?)

Ana: Não/ eu já to contando já/ São todas que saíram/ né (?)
 Juan: Pois é/ mas vai contar as que saíram (?)
 Juan: Quantas saíram então (?)
 Fabiana: Doze/Juan.
 Juan: Doze (?)
 Fabiana: É.
 Juan: Achei estranho.
 Débora: Uma passou nesse lugar que não tem gota/ e ela não foi/ Essa aqui((aponta para a fórmica))/ Agora ela cutucou o troço.
 Fabiana: Se fosse repelente não ia chegar nem perto.
 Juliana: É/ eu acho que a gente devia propor o cravo da índia.

Durante a realização desse ensaio experimental, os alunos *forneceram dados* semelhantes aos obtidos no primeiro teste: as formigas também saíam do aquário e atravessavam o círculo formado pelas gotas de extrato. Eles *avaliaram* que não há nenhum efeito repelente do extrato de cebolinha em relação às formigas fantasma. Dessa forma, o grupo tem uma **justificativa empírica** que os levou a abandonar o investimento na cebolinha e em seu extrato. O processo de tomada de decisão que envolveu a utilização da cebolinha na investigação é apresentado no quadro 14.

QUADRO14

Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre utilização da cebolinha nos ensaios experimentais

Problema	Fontes de informações	Ação	Operações epistêmicas	Tipo de Justificativa
Ação repelente da Cebolinha	Relatório	Apresentação do problema de pesquisa	Levantar hipótese Utilizar termos técnicos	Senso Comum
	AULA 3 (sala de aula)	Apresentação do projeto de pesquisa	Apresentar questão de pesquisa Apresentar hipótese Descrever procedimento Identificar variáveis	
	AULA 4 (laboratório)	Realização do primeiro ensaio experimental	Observar Fornecer dados Concluir Propor alternativas Apresentar avaliação Levantar de hipótese Problematizar Considerar limitações da investigação	Pragmática Empírica Senso comum Conceitual
		Realização do segundo ensaio experimental	Observar Fornecer dados Avaliar resultados Propor alternativas	Empírica

4.2.3. A segunda decisão: o cravo da Índia como fonte da substância repelente

No último trecho transcrito apresentado, os integrantes do grupo *consideraram a alternativa* de utilizar o cravo da Índia como vegetal para teste. Porém, antes de chegar a essa definição, o grupo se envolveu em algumas discussões. Essa possibilidade surge muito relacionada ao cotidiano de Juan, o que caracteriza a sugestão de Juliana como **justificativa de senso comum**

A análise da decisão pela utilização do cravo da Índia, portanto, leva em consideração momentos anteriores a essa afirmação de Juliana. Ela surgiu quando Juan relatou que usava essa especiaria para afastar formigas dos bolos que cozinha. No episódio 20, na *montagem do primeiro experimento com cebolinha in natura*, ocorreu uma *discussão sobre os procedimentos*. Nessa discussão, integrantes do grupo tentavam definir qual a distância em que deveriam ser colocados os pedaços de cebolinha que formariam a barreira no centro da fórmica.

Débora: Tá bom/ senão não vai ficar nada.

Thiago: Tem que ficar nada mesmo/ Porque assim a substância/ tipo assim/ Na horta/ ela só planta o negócio uma a vinte centímetros da outra e ele diz que repele/ Tem que ter um espaço ((entre os pedaços de cebolinha))/ tem que ter um espaço mais ou menos grande para ela ((a formiga)) poder andar.

Juan: Eu uso cravo da Índia deixo um espaço desse tamanho ((mostra um intervalo na fórmica)) e ela ((a formiga)) não passa.

Ana: Você gasta muito cravo da Índia/hein (?)

Juan: Gasto/ quando eu faço bolo/ gasto.

Na discussão, Fabiana, Débora e Ana *propuseram* que não havia necessidade de espaços devido ao pequeno tamanho do inseto. Como mostrado no transcrito acima, Thiago discordava da opinião delas e *aplicou conhecimentos tradicionais* sobre o cultivo de cebolinha para justificar o seu argumento, pois, segundo suas informações, os agricultores plantam esses vegetais respeitando uma distância de vinte centímetros. Ele encontrou o apoio de Juan que *aplicou os seus conhecimentos tradicionais* para confirmar o procedimento proposto por Thiago. Juan relatou que, quando faz bolo, dispõe os cravos ao redor, mas sempre deixando, entre cada um, espaços.

Ao longo da realização do primeiro teste, no episódio 22, na *avaliação dos resultados*, a alternativa de utilização do cravo da índia fica cada vez mais consistente.

Ana: Agora/ nós temos que fazer isso aí ((o teste)) com cravo da índia/ né?
Juan: Cravo da índia dá certo. Isso eu tenho certeza.

No pequeno trecho acima, Ana indicava essa possibilidade e Juan *apresentava a sua hipótese* baseada na experiência de que o cravo da índia teria propriedade repelente sobre a formiga fantasma.

Durante o episódio 24, preparando o extrato de cebolinha, Ana, Juan e Débora já *discutiam sobre o procedimento* mais adequado para a produção do extrato de cravo da índia. Nesse transcrito, Juan *propôs um procedimento* para a produção do extrato de cravo da índia.

Ana: Como nós vamos fazer um extrato de cravo da índia(?)
Juan: Extrato(?)
Ana: De cravo da índia(?)
Débora: Soca ela/ vira pó.
Juan: É igualzinho/ hidrata/ Deixa hidratando primeiro depois moí/ Deixa um dia para o outro lá na água hidratando/ No outro dia faz igual aqui ((macera com o pilão)).
Ana: Dá (?) Você já tentou(?)
Juan: Não/ mas deve dá certo.
Professora: Fazer o que (?)
Ana: Extrato de cravo da índia.

Nesse mesmo episódio, Thiago *problematizava* sobre o andamento do projeto. Ele questionou quais seriam as decisões do grupo. Observe a interação abaixo.

Thiago: O que vocês acham (?) A gente vai manter o projeto para formiga(?)
Ou a gente muda o projeto todo(?)
Ana: Eu acho que/ eu acho que/ oh tem uma cebolinha na ponta ((do contagotas))/ eu acho que a gente poderia tentar ver se o cravo da índia repele/ segundo ((incompreensível)) se repele/ entendeu(?)
Juan: Como que que é que você falou(?)
Ana: Se o cravo da índia repele.
Juan: É(!) Lá em casa repele/ aqui não sei se vai repelir/ mas lá eu tenho certeza/ e eu só uso cravo da índia para.
Fabiana: Ei gente/ alguém atualiza ali ((as anotações no caderno)) vai.
Ana: Se a gente deixar/ se a gente é deixar na água o cravo da índia/ as vezes durante uma semana/ por exemplo/ e ferver o cravo da índia/ a gente consegue fazer o extrato.
Juan: Não sei/ mas vão tentar aqui primeiro/ é ferve ele igual você tá dando a ideia e faz outro separado na água só/ entendeu(?)
Fabiana: O cravo da índia já não veio(?)
Juan: Veio o que(?)
Ana: Moído(?)
Fabiana: Cravo da índia já não veio(?)
Juan: Seco(?)

Fabiana: Não gente.
Juan: Não tô entendendo/ o que você tá falando(?)
Fabiana: Já não veio num artigo (?)
Juan: Não/ Com outras formigas/ não com essa aí/ não.

Nesse segmento, Ana sugeriu que o grupo deveria usar o cravo, o que *redefiniria a questão de pesquisa*, a partir da **justificativa de senso comum** reforçada por Juan: verificar se o cravo da Índia tem propriedade repelente sobre a formiga fantasma. Juan e Ana *descreveram outro possível procedimento* para a produção de extrato de cravo da Índia. Nesse momento, Fabiana *problematizou* a opção sustentada por Ana e Juan e questionou se já foi feito um estudo sobre efeito repelente do cravo da Índia sobre a formiga fantasma. Juan *usou dados bibliográficos* de que o cravo da Índia já foi testado e teve resultado com outras espécies de formigas. Dessa forma, o grupo passou a contar também com **uma justificativa conceitual** para fundamentar a opção pelo cravo da Índia.

Em um dos episódios finais dessa primeira aula de experimentos (AULA 4), o episódio 26, o grupo *estabeleceu que os próximos procedimentos* devem consistir em testes com o cravo da Índia. Ele será utilizado na próxima aula de experimento (AULA 5).

Ana: Eu acho que na próxima aula a gente tem trazer o cravo da Índia/ O Juan disse que na casa dá certo com essas formiguinhas/ então de repente é a gente pode//
Juan: Mas não deixa/ mas podia trazer mais coisas/ entendeu (?) Vai que/ Lá em casa dá certo/ mas vai que com o cravo da Índia não dá/ Vai ter usar outra coisa/ ai tem tempo para fazer duas coisas(?)
Thiago: Mas tem que ver se cravo da Índia tem literatura sobre isso/ não(?)
Juan: Oi(?)
Thiago: Você já conferiu se tem estudos com o cravo da Índia(?)
Juan: Não tem outras/ Eu achei de outros artigos falando de outras formigas/ entendeu(?)
Juliana: A gente faz com cravo da Índia e outra coisa.
Ana: E salsinha/ então.
Débora: Salsinha/ eu acho que vai dar na mesma coisa/ Salsinha é da horta também/ É igual minha vó/ minha vó sempre falou comigo cebolinha/ salsinha/ ((incompreensível)) falou um tanto de coisa/ Falei assim não/"Vô a gente tá pensando em cebolinha/ então não dá certo não(?)" "Dá(!) É o cheiro"/ Ela falou isso comigo./Acho que salsinha vai ser pior.
Ana: Na próxima aula/ a gente faz com salsinha e cravo da Índia.
Débora: Eu acho que salsinha vai dar a mesma coisa que cebolinha.
Ana: Vamos testar/ ué/ Porque de repente pode não dar a mesma coisa e se der tem o cravo da Índia.

Informado sobre a decisão, Thiago *problematizou* destacando a importância de pesquisar se há na literatura científica estudos semelhantes.

Juan destacou novamente que a propriedade repelente do cravo da Índia já foi testada em outras espécies de formigas, reforçando **a justificativa conceitual** que foi apresentada a Fabiana. Nesse momento, o uso da salsinha foi *proposto como uma alternativa* para o projeto, mas essa possibilidade foi refutada por Débora. Ela, usando *conhecimentos tradicionais* obtidos com a sua avó, *problematizou* essa decisão. Segundo Débora, a sua avó teria dito que tanto a cebolinha quanto a salsinha teriam o efeito repelente devido ao seu cheiro. Sendo assim, Débora acreditava que o teste com salsinha também não daria o resultado esperado. Entretanto, Ana *propôs* testar a salsinha como uma opção para o projeto.

Ao final da aula (AULA 4), no episódio 27, Ana e Juliana *relataram à professora* Vilma os procedimentos pensados pelo grupo para as próximas etapas da investigação: a utilização de cravo da Índia e da salsinha.

Na próxima aula (AULA 5), o grupo trouxe pacotes de cravo da Índia e começou a se organizar para realizar os testes do dia. Diferente do que haviam afirmado à professora Vilma, eles não trouxeram salsinha. Nos vídeos e nos trabalhos escritos, não são encontradas as razões para essa atitude do grupo. Nos primeiros momentos da aula, nos episódios 3 e 5, os integrantes do grupo *socializaram as informações* sobre a aula passada com o professor Carlos e a aluna Patrícia, que não estavam presentes.

No episódio 3, Ana, Débora e Fabiana *descreveram os procedimentos* dos ensaios experimentais realizados na última aula. Elas *apresentaram informações sobre resultados e as conclusões* do grupo. Logo após uma breve explicação do professor sobre a contribuição da estatística para análise dos resultados obtidos²⁵, ocorreu a interação apresentada abaixo.

Ana: Entendi((se referindo a explicação do professor))/ de qualquer forma nós vamos tentar fazer com cravo da Índia/ E vê se dá certo.

Professor Carlos : É eu acho legal vocês fazerem/ buscar uma coisa que/ uma alternativa já que é que realmente não deu efeito/ porque não vai parar aí/ né(?) Então//

Ana: Acaba que de certa forma/ assim/ de qualquer forma essa parte deste teste com as formigas/ você tá mexendo né(?) Desenvolvendo o projeto que

²⁵ Essa interação relacionada a estatística foi apresentada e analisada na subseção 3.3.4.

tá no início se a gente fosse desenvolver outro projeto agora ficaria um pouco mais complicado/mas a gente se tentar achar alguma coisa que repele para a gente é mais tranquilo.

Professor Carlos: Agora/ talvez alguma coisa também aparentado com a cebolinha/ né(?) Cebolinha é aparentado com alho/ né(?)

Juan: Com alho

Professor Carlos: Alho poró (?)

Juan: Isso(!) Gênero *Allium*.

Professor Carlos: Quero dizer eu acho legal cravo da índia/ eu não estou querendo desestimular que façam não.

Ana: A gente estava pensando fazer também com salsinha.

Professor: É.

Ana: Porque/ na verdade eu sempre ouvi falar que a salsinha é que repelia/ repelia as formigas/ entendeu (?) Ai/ a gente resolveu pegar mais com cebolinha porque eles usam no campo/ cebolinha em horta/ essas coisas para/ sei lá.

Nesse segmento, que aconteceu no episódio, Ana *comunicou* ao professor Carlos que o grupo iria investigar se o cravo da índia repele a formiga fantasma. Ela *apresentou a avaliação do grupo* sobre os testes com cebolinha como elemento de desenvolvimento do projeto e apresentou uma **justificativa pragmática** para a manutenção do estudo. A alteração de todo o projeto poderia gerar problemas o que resultaria em perda de tempo pelo grupo. O professor Carlos apreciou a alternativa apresentada pelo grupo e chamou a atenção para a possibilidade de utilização de um vegetal mais próximo da cebolinha. Ana *apresentou a possibilidade* de trabalhar com salsinha e explicou que essa escolha está baseada em conhecimentos tradicionais. Essa foi a última menção à salsinha no semestre.

No episódio 15, o grupo *realizou o primeiro teste*, que consistiu na colocação do cravo da índia *in natura* em um grande quadrado sobre a fórmica e de uma embalagem plástica com formigas em seu centro. Iniciado o teste, eles *observaram* a movimentação das formigas e *forneceram dados* para os colegas.

Ana: Até agora eu tô achando o resultado positivo.

Thiago: Não/ mas tem um negócio/ elas também não tão saindo muito do guardanapo.

Patrícia: É/ elas não tão saindo muito guardanapo/ por isso a gente pode não ter resultado satisfatório.

Juan: Não/ mas por enquanto está sendo positivo.

Débora: É/ elas não tão saindo não/ cebolinha mesmo ela chegando ela saiu.

Patrícia: Acho que não tá repelindo/ bastante

Fabiana: Acho que foi mais barreira física mesmo.

Ana: Não/ barreira física com certeza não foi/ olha o tamanho da formiga gente (!) Ela pode tentar por qualquer lado.

Juan: É embaixo.

Patrícia: Acho que foi exatamente por causa do guardanapo/ elas nem saíram do guardanapo direito/ então tipo assim quando elas saíram/ elas vão passar.

Ana: Porque você não viu o da cebolinha/ cebolinha estava dentro de um aquário/ muitas saíram/ oitenta saíram/ entendeu(?) O problema não é porque elas estão no guardanapo que a tendência delas é saírem/ porque elas não moram aí/ entendeu(?)

No segmento acima, Ana, Juan e Débora já *expunham uma avaliação* positiva sobre o cravo da índia. Eles *compararam os resultados* do teste realizado no momento com os que foram obtidos nos testes com cebolinha - *in natura* e extrato. Fabiana e Patrícia *problematizaram* a conclusão inicial dos colegas e *apresentaram hipóteses para explicar* o comportamento das formigas. Para Fabiana, o cravo da índia era uma barreira física; já para Patrícia, o guardanapo utilizado para a captura das formigas impedia a movimentação. Discordando da hipótese de Fabiana, Ana indicava que o reduzido tamanho possibilitaria a formiga atravessar a barreira de cravos. Com relação à hipótese de Patrícia, argumentou comparando os resultados do teste atual com os resultados do teste com cebolinha.

Como já exposto na seção anterior, os problemas referentes à movimentação e às incertezas sobre a eficiência do cravo como repelente foram atribuídos ao resfriamento das formigas. Entretanto, ainda na realização do terceiro teste, no episódio 19, que consistiu na *observação* da movimentação das formigas sobre a fórmica sem a presença do cravo da índia, o grupo se mostrava inseguro quanto aos resultados obtidos.

Patrícia: Aí ela não tão gostando dali/ não.

Fabiana: Ouw/ então a gente já viu que não é o cravo.

Patrícia: Não/ mas a gente podia ter uma coisa que a gente tem certeza vai repelir.

Débora: O Juan falou que repelia.

Patrícia: Porque a gente tem que ter um controle.

Juan: Não/ repele/ é/ porque em casa.

Patrícia: Porque pode ser várias coisas.

Ana: O professor falou que também repele algum tipo de formiga.

Juan: Pois é/ ele também falou comigo.

Na *avaliação* de Fabiana, os *resultados observados* se mostravam aquém do esperado, pois se esperava, na ausência dos cravos, que as formigas tivessem uma movimentação maior. Para ela, as formigas mantinham

o comportamento dos testes anteriores realizados nessa aula, elas estavam com pouca movimentação, restritas ao guardanapo. Patrícia sugeriu que outros fatores podem ter influenciado o comportamento das formigas e *recomenda a possibilidade de usar algum controle de variáveis*. Nesse momento, Fabiana se mostrava cética quanto aos resultados obtidos, e Débora destacava que a informação de que o cravo da Índia repelia veio de Juan. Ana indicou que a hipótese já tinha sido levantada por um dos professores, e Juan confirmou essa informação.

Ao longo desse episódio, as formigas começaram a se movimentar e a sair do guardanapo. Essa evidência levou o grupo a atribuir a pouca movimentação das formigas aos efeitos do resfriamento, conforme transcrito e já analisado na seção anterior sobre a captura e transporte das formigas²⁶. A conclusão do grupo se constituiu em **uma justificativa empírica** para a continuidade dos testes com o cravo da Índia, no caso o seu extrato aquoso.

Durante a realização dos testes com o cravo *in natura*, alguns integrantes já preparavam o extrato. Juan e Thiago maceravam os cravos para a produção do extrato. O macerado foi filtrado, o que resultou em um líquido de cor marrom. Esse líquido foi pipetado em um grande quadrado sobre a fórmica. *A preparação e montagem do teste* ocorreram entre o episódio 19 e 22.

A embalagem com formigas foi colocada aberta sobre a fórmica e os alunos começaram a *observar* a **sua** movimentação. No início do teste, que ocorreu no episódio 23, os integrantes do grupo *informaram* que as formigas não atravessavam a barreira. Quando o professor se aproximou e observou teste, ele problematizou e iniciou uma discussão com o grupo.

Professor: Agora ela pode tá/ não tá passando por causa da água mesmo/ né?

Thiago: A gente podia fazer um de água também.

Professor: É.

Ana: A gente podia dois com o negócio ((o cravo da Índia)) e um com água

Patrícia: Dois com água/ podia ter feito isso agora/ vamos fazer(?)

Thiago: O melhor seria se a gente fizesse o extrato e depois deixasse o extrato secar/ Só que a gente tem deixar de um dia para o outro.

Juan: Mas aí vai demorar/ o problema é que vai(?)

²⁶ Ver subseção 4.1.6.

Fabiana: E se a gente secar uma gotinhas/ assim(?)
Patrícia: A gente vai tentar depois com água(?)
Ana: A gente podia é guardar depois esse extrato/ será que tem problema guardar o extrato(?)
Patrícia: Põe na geladeira.
Fabiana: Ah(!) eu acho que não/ a gente não precisa fazer um no dia/ Porque às vezes a propriedade repelente dele vai saindo.
Juan: Mas é bom/ a gente aproveitar o tempo/ Chegar aqui começar a fazer o extrato.

No segmento, o professor iniciou uma discussão problematizando se a água usada na produção do extrato não teria influência sobre os resultados observados. Instigados; Thiago, Ana e Patrícia *sugeriram procedimentos* que os possibilitem verificar a influência da água. Ana *propôs* montar o experimento com uma barreira formada por dois lados contendo água e outros com o extrato. Thiago sugeriu deixar o extrato secar, mas ressaltou a necessidade de que a aplicação do líquido deve ser feita no dia anterior para dar o tempo necessário de secagem. Ana *sugeriu e problematizou* a possibilidade de guardar o extrato, Patrícia indicou a geladeira, e Fabiana *problematizou* sobre a possibilidade de a propriedade repelente ser perdida com o tempo.

Nessa discussão, os integrantes começaram a *identificar variáveis* que serão consideradas em outros momentos ao longo do semestre no desenvolvimento de ensaios experimentais por parte dos integrantes do grupo. Essas variáveis incluem a interferência, nos resultados observados, da água presente na composição do extrato e também a existência de um **possível** efeito repelente da substância quando está seca ou depois de um período de armazenamento.

Ao longo da realização do quarto ensaio experimental, o grupo *concluiu* que existe um efeito repelente do extrato sobre as formigas, conforme mostra esta interação do grupo.

Thiago: Nenhuma saiu ainda(?)
Patrícia: Nenhuma.
Juan: Graças a Deus (!). Pois é/igual ao que falei o extrato da cebolinha/ não passou nenhuma não e era bem mais viscoso que isso.
Thiago: Passou uai.
Juan: Não/ tô falando assim/ pelo contrário/ passaram várias, entendeu (?)
Mesma coisa aqui não passou.
Patrícia: Todas estão rodeando aqui e não passa.
Fabiana: O negócio que a gente tem que fazer controle com água mesmo.

Respondendo ao questionamento de Thiago, Patrícia e Juan *fornecendo dados da observação* mencionam que as formigas têm evitado passar entre as gotas de extrato de cravo. *Comparando esses resultados com os testes com a cebolinha*, Juan *avaliou positivamente esse ensaio experimental*. Patrícia *descreveu* a movimentação das formigas, *com dados* que confirmaram a avaliação de Juan. Fabiana *propôs que o grupo fizesse um controle* com água para verificar se as evidências observadas podem ser atribuídas a alguma substância presente no cravo ou à água.

Na próxima aula, AULA 6, os grupos fizeram *uma apresentação do andamento dos trabalhos* para o professor Márcio e para o restante da turma. Nessa aula, no primeiro episódio, os integrantes do grupo analisado *descreveram os procedimentos dos ensaios experimentais* realizados com o objetivo de verificar a presença de propriedade repelente da cebolinha sobre a formiga-fantasma. Eles *apresentaram os resultados* negativos dos testes realizados com a cebolinha *in natura* e macerada. Então, eles *descreveram os procedimentos e apresentaram os resultados dos ensaios experimentais* com cravo da índia *in natura* e com o seu extrato. Eles *compararam esses resultados* com os obtidos com cebolinha e *apresentaram uma avaliação* positiva, identificando que existem evidências de efeito repelente do cravo da índia sobre a formiga fantasma. Os resultados são relativizados como oriundos de testes preliminares, mas se constituíram e são apresentados como uma **justificativa empírica** para o grupo continuar o projeto utilizando o cravo da índia e o seu extrato.

O processo de tomada de decisão que levou à escolha do cravo é apresentado no quadro 15.

QUADRO 15

Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre utilização do cravo da Índia nos ensaios experimentais.

Problema	Fontes de informações	Ação	Operações epistêmicas	Tipo de Justificativa
Ação repelente do cravo da Índia	AULA 4 (laboratório)	Montagem do primeiro ensaio experimental	Discutir sobre procedimentos Propor procedimentos Utilizar conhecimentos tradicionais	Senso Comum
		Realização do primeiro ensaio experimental	Avaliar resultados Propor alternativa Levantar hipóteses	Senso comum
		Preparo do extrato de cebolinha	Discutir sobre procedimento Propor procedimento Problematizar Redefinir questão de pesquisa Utilizar informações conceituais Propor procedimentos	Senso comum Conceitual
		Discussão sobre os resultados dos experimentos	Estabelecer padrões Problematizar Propor alternativa Utilizar conhecimentos tradicionais	Senso comum Conceitual
		Relato à professora	Descrever procedimento	
	AULA 5 (laboratório)	Relato a colega e professor	Descrever procedimentos Apresentar resultados Apresentar conclusões	
		Relato a colega e professor	Apresentar definições Avaliar progresso da investigação Apresentar alternativas	Pragmática
		Realização do primeiro ensaio experimental	Observar Fornecer dados Comparar resultados Problematizar Levantar hipóteses	
		Realização do terceiro ensaio experimental	Observar Fornecer dados Comparar resultados Propor controle de variáveis	Empírica
		Realização do quarto ensaio experimental	Observar Fornecer dados Propor procedimentos Problematizar Concluir Identificar variáveis Avaliar resultados Comparar resultados Propor controle de variáveis Considerar possibilidades de	Empírica

			aprimoramento	
	AULA 6 (sala de aula)	Apresentação do andamento do projeto	Descrever procedimentos Apresentar resultados Comparar resultados Apresentar avaliação	Empírica

4.2.4. Um olhar sobre as tomadas de decisão do grupo: a escolha da espécie vegetal

Esse conjunto de processos de tomada de decisão acerca do vegetal que seria testado quanto à presença de propriedade repelente sobre a formiga fantasma abrangeu quatro aulas - AULA 3, AULA 4, AULA 5, AULA 6. Observa-se que ele resultou em uma alteração significativa de artefatos mediadores da atividade que foi a substituição da cebolinha pelo cravo da Índia. A alteração levou a uma modificação na questão de pesquisa do grupo e suscitou a reflexão sobre conhecimentos cotidianos e conceituais. Portanto, nas aulas 3 e 4, sustentado por uma justificativa de senso comum de que a cebolinha é usada para repelir formigas em hortas e canteiros, o grupo começou a atividade investigativa, seguro de que a cebolinha teria essa propriedade. Com a ausência do efeito esperado uma justificativa empírica propiciada pelos ensaios experimentais, a hipótese foi abandonada.

De modo similar ao que acontece nos laboratórios de pesquisa, o grupo não apresentou no artigo final a hipótese de a cebolinha ter ação repelente sobre as formigas-fantasmas e tampouco os ensaios experimentais com cebolinha e seus resultados. Com o trabalho de análise dos processos de tomada de decisão, que evidencia uma série de circunstâncias materiais, percebe-se que são as condições do contexto da descoberta que favoreceram a possibilidade da utilização do cravo da Índia. Esse vegetal é considerado em função da experiência cotidiana de um dos integrantes do grupo, que o utilizava para afastar formigas dos bolos por ele preparados, ou seja, de uma justificativa de senso comum. Entretanto, essa proposta foi levantada quando os alunos lidavam com a contradição. A ausência de resultado com a cebolinha, uma justificativa empírica, trouxe um momento de frustração vivenciado pelos integrantes, mas que foi superado rapidamente pela possibilidade de pesquisar o cravo da Índia.

Com isso, na AULA 5, os alunos testaram as possibilidades de uso do cravo da Índia e a partir de evidências obtidas nos ensaios experimentais - de justificativas empíricas - se asseguraram do efeito repelente sobre a formiga-fantasma. Nesse sentido, considerando os eventos analisados, pode-se afirmar que nesse momento a existência de uma propriedade repelente sobre a formiga-fantasma é tomada como um fato; o que permitiu ao grupo *considerar possibilidades de aprimoramento* do projeto nas próximas aulas, o que será abordado na próxima seção.

Com relação às diferenças entre os momentos de produção e de comunicação do conhecimento científico, observa-se que as aulas 4 e 5 são marcadas por uma maior diversidade de operações epistêmicas do que os momentos de comunicação, as aulas 3 e 6. Na aula 3, foram identificadas as operações epistêmicas de apresentação da questão de pesquisa, apresentação de hipótese, descrição de procedimentos, identificação de variáveis. Essas operações epistêmicas estavam relacionadas ao uso da cebolinha como fonte da substância-teste. Na aula 6, quando a cebolinha já havia sido substituída pelo cravo da Índia, verifica-se a presença das operações epistêmicas de descrição de procedimentos, apresentação de resultados e comparação de resultados.

Já na aula 4, de produção do conhecimento, foram observadas as seguintes operações epistêmicas: de observação, obtenção de dados, conclusão e avaliação que estão relacionadas a práticas atreladas aos procedimentos definidos ou oportunizados pelo *design* do experimento proposto pelo grupo. Com a ausência de evidências de que a cebolinha repele as formigas fantasmas, emergem outras operações epistêmicas como proposição de alternativas, levantamento de hipóteses, problematização, identificação de limitações do experimento, discussão sobre procedimentos, utilização de conhecimentos tradicionais, utilização de informações conceituais e proposição de procedimentos. Na aula 5, são verificadas operações epistêmicas semelhantes, sendo que nos ensaios experimentais percebe-se que os alunos observam, obtêm os dados, concluem e avaliam. Quando encontram problemas, eles levantam hipóteses, problematizam, propõem

procedimentos, discutem sobre procedimentos, utilizam conhecimentos tradicionais e conceituais. Entretanto, como a aula 5 está intrinsecamente relacionada à aula anterior, observa-se também operações que envolvem a descrição dos procedimentos anteriores, apresentação dos resultados obtidos, avaliação sobre o progresso do grupo e comparação entre os resultados obtidos na aula anterior com os obtidos nesta aula.

Nesse conjunto de tomadas de decisão acerca da escolha da espécie vegetal, novamente constata-se uma atitude de investigação e busca de alternativas por parte do grupo que se coaduna com um dos objetivos da disciplina. Os integrantes do grupo estavam plenamente envolvidos em um esforço deliberado e colaborativo para superação da contradição entre o que era esperado – a ação repelente da cebolinha – e o que foi obtido – ausência desse efeito. Com isso, eles consideraram alternativas, como outras espécies vegetais, principalmente o cravo da Índia, que trouxeram o resultado almejado, manifestando a ação repelente sobre as formigas fantasma.

As discussões também evidenciam a preocupação dos integrantes do grupo em obter um resultado que se constitua em um dado empírico. Essa preocupação e suas implicações para a atividade do grupo denotam que outro objetivo da disciplina estava sendo contemplado. O objetivo se refere à ideia de que a disciplina deve contribuir para que os alunos identifiquem o caráter experimental da bioquímica, portanto, para a importância das evidências empíricas para continuidade da atividade e para fundamentar os enunciados do grupo acerca da propriedade repelente do cravo da Índia sobre a espécie de formiga investigada.

4.3. A utilização do extrato de cravo da Índia

Essa seção abordará os processos de tomada de decisão que envolveram a utilização do extrato de cravo da Índia nos ensaios experimentais. A partir das evidências empíricas que indicavam a presença da propriedade repelente do cravo sobre as formigas, os alunos se envolveram em discussões para o desenvolvimento de ensaios experimentais. No trecho de “Métodos e procedimentos” do artigo, analisado na subseção anterior, são

apresentados apenas os procedimentos relacionados à produção de extratos na concentração de 25% e 100%.

Entretanto, ao longo de sua atividade, o grupo executou outros procedimentos que se relacionavam à meta mais ampla que era a produção de um repelente natural para ser utilizado de forma prática em residências. As alternativas testadas se voltavam para a investigação das seguintes variáveis: a influência da água, a cor do extrato, a concentração do líquido e a estabilidade do efeito repelente. A consideração de cada uma dessas variáveis permitia ao grupo lidar com as diferentes exigências para a fabricação de um repelente natural eficaz, ou seja, um produto que afaste as formigas-fantasma dos ambientes domésticos, com um efeito duradouro e sem manchar superfícies.

Perseguindo essa meta, os alunos realizaram testes com extrato armazenado por duas semanas, centrifugação para separação de fases, testes com extrato seco e com extrato produzido por meio de duas formas diferentes: com o uso do fixador de aromas e com óleo mineral.

4.3.1. A influência da água

A água foi o solvente escolhido pelo grupo para a produção dos extratos tanto de cebolinha quanto de cravo da Índia. Provavelmente, a escolha se fundamentava em uma **justificativa pragmática**, pois a obtenção de um extrato aquoso era relativamente fácil e rápida. Na preparação do extrato de cravo da Índia, os alunos realizavam os procedimentos e o produziam sem a necessidade de seguir protocolo ou equipamentos sofisticados. Eles utilizavam apenas o cadinho, o pilão, papel de filtro, o filtro e um béquer, materiais disponíveis no laboratório. Após a maceração, o líquido era filtrado e depositado em um béquer. O filtrado era aplicado na fórmica. Ao longo da investigação, esses procedimentos eram realizados de forma automática, resultado de um aprendizado propiciado pela atividade, conforme já discutido na subseção 3.3.4.

A influência da água no comportamento das formigas começou a ser foco das atenções do grupo na aula 6. No vigésimo terceiro episódio da aula 6, o grupo realizava o quarto ensaio experimental do dia, o primeiro realizado com o extrato de cravo da Índia. O extrato tinha sido produzido de forma intuitiva, sem uma preocupação com a definição de uma concentração. Como já mencionado, o grupo *observou* que as formigas se mostravam repelidas a esse preparado.

No início do teste, que ocorreu no episódio 23, quando o professor se aproximou da bancada, problematizou e iniciou uma discussão com o grupo.

Professor Carlos: Agora ela pode tá/ não tá passando por causa da água mesmo/ né?

Thiago: A gente podia fazer um ((lado do retângulo)) de água também.

Professor Carlos: É.

Ana: A gente podia dois ((lados do retângulo)) com o negócio ((extrato de cravo da Índia)) e um ((lado do retângulo)) com água

Patrícia: Dois com água/ podia ter feito isso agora/ Vamos fazer(?)

O professor questionou se água usada na produção do extrato não teria influência sobre os resultados observados. Nesse momento, Thiago e Ana *sugeriram procedimentos* que os possibilitariam verificar a influência da água. Ana *propôs* montar o experimento com uma barreira formada por dois lados contendo água e outros com o extrato. Patrícia avaliava que o teste poderia ser feito imediatamente, mas isso não aconteceu.

A discussão acerca dessa variável foi retomada nas próximas aulas de produção de conhecimento, nas aulas 7 e 8.

Na aula 7, o grupo realizou um ensaio experimental com o extrato produzido na aula 5 que ficou armazenado na geladeira por duas semanas. No episódio 7, quando os alunos *realizavam o ensaio experimental*, observou-se a seguinte interação:

Ana: Será que se não fosse água ela ((as formigas)) não estaria passando ((pela barreira de gotas do extrato de cravo da Índia))?(?)

Juliana: Como assim se não fosse a água (?)

Ana: Se fosse água assim.

Juan: Vamos esperar o tempo passar e as que ficarem aqui dentro ((do retângulo formado pelas gotas de extrato)) ainda, entendeu (?) A gente pega pinga água por aqui((um dos lados da fôrmica)), entendeu (?)

Ana: A gente pinga//

Juan: Mata, fecha aqui ((a embalagem de formigas)), as que não saíram
Ana: Não se a gente vai coloca uma coisa de água com a mesma quantidade e coloca água/ entendeu (?) Se em água/ elas ver se elas passam pela água e resolve só para tirar a dúvida
Thiago: Fazer um teste/fazer um teste de água só para ver se não é//
Ana: Depois que passar os quinze minutos/ a gente coloca aqui assim ó para ver se elas passam pela água/ uma barreira de água mais ou menos da mesma distância entendeu
Thiago: Eu acho que a gente tem que fazer é um teste mesmo/ igual esse aqui/
Ana: É vamos fazer (!)

Ana *iniciou a problematização com a hipótese* de que as formigas poderiam não se aproximar da barreira devido à influência da água utilizada como solvente na produção do extrato. Essa colocação estimulou que Juan e Thiago *propusessem alternativas* para investigar essa variável. Juan sugeriu a realização de um teste com aplicação de água em um dos lados da fórmica. Porém, Thiago sugeriu que o grupo fizesse um teste específico para verificar o efeito da água. Nesse momento, a realização de um teste com a água se fundamentava em uma **justificativa empírica**, pois permitiria validar os resultados obtidos pelo grupo com a exclusão da influência dessa variável. No entanto, o grupo acabou não fazendo o teste.

Na oitava aula, o grupo fez os primeiros testes em condições padronizadas. Eles utilizaram um extrato com concentração previamente definida e aplicaram-no respeitando um perímetro e uma distância entre as gotas. Eles estabeleceram em dez minutos o tempo dos ensaios experimentais. No episódio 12, os alunos realizaram o primeiro ensaio experimental acompanhados pelo professor Márcio. Eles *observavam* a formigas e *avaliavam* a sua movimentação. Os alunos e o professor *levantavam hipóteses* para explicar o comportamentos da maioria das formigas que evitavam atravessar a barreira de gotas de extrato.

Fabiana: O problema que é difícil você saber/ a gente pensava fazer com água/ você não sabe se é isso que repele ou se é só a gota.
Professor Márcio: Mas vocês fizeram com água?
Fabiana: Não/ pensou em fazer/ depois como controle.

Fabiana ressaltou a necessidade de um teste-controle com água, *informando* ao professor que esse procedimento ainda não foi feito. Logo em seguida, ela reafirmou essa necessidade.

Fabiana: Gente/ eu acho que a primeira coisa que tem que fazer na aula que vem/ é da água/ para gente tirar essa dúvida/ se é só pela gota/
Débora: É.
Fabiana: Imagina se for só pela gota/ a gente está fazendo os trem((o ensaios experimentais))// eu também acho que não/ mas.

Fabiana *propôs* que o teste com água deveria ser realizado na próxima aula para validar os resultados obtidos até momento. Ela argumentava que era necessário eliminar a dúvida acerca da influência da água para continuidade do trabalho. No próximo episódio, o décimo terceiro, Ana e Fabiana *discutiram* sobre qual seria o próximo teste do dia.

Fabiana: Eu acho que o controle a gente tem que fazer primeiro.
Ana: Mas a gente já está com formiga/ já está com extrato pronto/ vai sobrar formiga/ a gente faz com água/ entendeu (?)
Débora: Porque se for pensar também se trem der errado/ não vai adiantar fazer mais nada/ porque o trem é//
Fabiana: Pois é/ mas eu acho que se não der certo a gente vai ficar perdendo tempo
Ana: ((incompreensível)) pode ser seguinte que eu não consiga pegar mais formiga para realizar mais dois testes com esse extrato/
Fabiana: Pois é/ pode ser que depois de errado/ e a gente perdeu o tempo até agora.
Ana: Fabiana/ o tempo que a gente vai perder/ é o mesmo tempo de hoje/ ((incompreensível))// porque se a gente gasta as formigas com o teste com água pode ser que na semana que vem eu não tenha formiga para fazer o teste com o extrato
Fabiana: Pois é/ aí nós vamos andar mais duas semanas sem fazer o teste com água sem saber se ela realmente influencia
Ana: Depois que a gente fizer os três testes/ garantia dos três testes/ a gente faz o quarto com água
Fabiana: Não é isso que estou falando/ que tô falando que se água der errado a gente perdeu tempo até agora/ aí a gente vai ter que ter outro

Fabiana *sugeriu* que o grupo realizasse imediatamente o teste com a água, e Ana *propôs* a realização dos testes com extrato para a confirmação dos resultados. As duas alunas apresentavam **justificativas pragmáticas** para as suas propostas. Fabiana *avaliava que* a realização do teste controle era considerado essencial para sustentar os resultados obtidos. Afinal, se a água influenciasse o comportamento das formigas, o grupo precisaria repensar todo o seu projeto. Já Ana se preocupava em obter resultados nas condições oferecidas: um bom número de formigas e os procedimentos definidos e estabelecidos para produzir dados válidos e legítimos. Ela *propôs* que o teste com água fosse realizado depois dos dois próximos testes. Os dois experimentos foram realizados com o extrato com concentração cem por cento.

Entretanto, o ensaio experimental com a água foi realizado na próxima aula, a nona da disciplina. No episódio 2, o grupo montou o experimento da seguinte forma: eles colocaram gotas de água em um grande retângulo. A embalagem com vinte e três formigas foi colocada no centro do retângulo e, quando o recipiente foi aberto, teve início o ensaio experimental do dia. Nesse terceiro episódio, os integrantes do grupo *observaram as formigas, forneceram dados dessa observação e avaliaram os resultados*. Após cinco minutos, eles acompanharam a movimentação da última formiga no centro da fórmula.

Fabiana: Vai minha filha/sai (!)
Juliana: Não estou por sua conta não. ((os alunos vibram))
Juan: Já saiu mais de uma (?)(anota no caderno))
Ana: Não
Juliana: seis minutos/ cinco minutos
Juan: Só isso(?) Controle negativo feito na hora/ cem por cento saíram
Ana: Coloca a quantidade de formigas que tinham
Juan: É pois é
Patrícia: Vinte e três.

Com o final do teste, o grupo passou a contar com uma **justificativa empírica**. Eles *concluíram* que a água não influenciou nos resultados obtidos com o extrato de cravo da Índia. Então, na aula 10, esse resultado foi *apresentado* como o controle da investigação no episódio 1. No quarto episódio da aula, o resultado do teste-controle é novamente utilizado para descartar um questionamento do professor sobre a influência da água.

Thiago: O líquido/ a gente já viu que ser líquido não é um fator/ porque no outro caso que a gente fez só com água cem por cento ((das formigas)) passou/
Professor Carlos: Pois é/ cem por cento saiu (!)
Professor Márcio: Passou pela água/ por cima (?)
Ana: Não
Professor Carlos: Quer dizer então em dez minutos cem por cento saiu (?)
Ana: Seis minutos
Professor Carlos: É muito significativo esse negócio ((a ação repelente do extrato))/ realmente ele repele ((as formigas)).

Nessa interação, percebe-se que a *informação* do grupo, em princípio, trouxe surpresa aos professores, mas, posteriormente, esse resultado foi avaliado como muito significativo pelo Professor Carlos.

A avaliação do professor Carlos reforçou a **justificativa empírica** de que a água não influenciava a movimentação das formigas. Essa variável passou a ser desconsiderada pelo grupo e os resultados do teste com água passaram a

ser entendidos como um controle da investigação, sendo, por isso, registrado no artigo (ver FIGURA 9). A síntese do processo de tomada de decisão e de investigação a respeito da influência da água nos resultados pode ser encontrada no quadro 16.

QUADRO 16

Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre a influência da água nos resultados

Problema	Fontes de informações	Ação	Operações epistêmicas	Tipo de Justificativa
Influência da água	Aula 5 (laboratório)	Realização do quarto ensaio experimental	Observar Propor alternativas	
	Aula 7 (laboratório)	Realização de ensaio experimental	Observar Problematizar Levantar hipótese Propor alternativa	Empírica
	Aula 8 (laboratório)	Realização do primeiro ensaio experimental	Observar Avaliar resultado Levantar hipótese Propor procedimento	Pragmática
		Discussão sobre procedimentos da investigação	Propor procedimentos	Pragmática
	Aula 9 (laboratório)	Realização de ensaio experimental	Observar Obter dados Avaliar resultados Concluir	Empírica
	Aula 10 (sala de aula)	Apresentação do andamento da investigação	Apresentar resultados	Empírica
		Discussão sobre procedimentos da investigação	Apresentar resultados	Empírica

4.3.2. A pigmentação do extrato de cravo da Índia

A pigmentação do extrato de cravo da Índia foi outra variável analisada pelo grupo. Essa variável se relaciona diretamente à escolha dessa especiaria como artefato da atividade, pois provavelmente a coloração não seria um problema no caso da utilização da cebolinha. O extrato de cebolinha apresentava uma coloração bem mais clara do que a do de cravo da Índia, que era bem amarronzada.

O interesse pela pigmentação do extrato de cravo da Índia surgiu no episódio 23 da aula 5, quando o grupo realizava o quarto ensaio experimental verificando a ação repelente desse líquido. O grupo *observava* as formigas e *avaliava* as possibilidades de estudo para a investigação.

Thiago: Ver se a gente consegue também/ isso ia ser legal/ ver se o pigmento tem a ver com ação repelente ou não/ sabe(?) Porque esse aqui ((o extrato de cravo da Índia)) se você vai jogar na sua casa vai manchar tudo/ se a gente conseguir fazer o extrato que não mancha/ né(?)

Thiago *identificou que a coloração do extrato seria uma variável para a investigação* e propôs verificar a relação entre o pigmento e a propriedade repelente. A sugestão de Thiago se configurava como uma **justificativa pragmática**, afinal a persistência de coloração nas superfícies aplicadas implicaria uma limitação séria à pretensão de que esse produto fosse utilizado nos ambientes domésticos.

Nesse dia, o grupo deixou a fórmica suja com o extrato de cravo da Índia com objetivo de testar a duração do efeito repelente na próxima aula de produção. Como será apresentado a seguir, essa iniciativa do grupo terá repercussões interessantes na oitava aula.

No episódio 3 da sexta aula, uma aula de comunicação, quando os alunos *apresentavam os procedimentos para as próximas etapas da investigação*, informaram que a questão da pigmentação poderia ser analisada.

Juan: E a gente quer depois ver se consegue isolar vários extratos do cravo da Índia/ para ver qual que tem a propriedade/ possivelmente é o óleo que outros dados na literatura com outras formigas/ que o cravo da Índia tem/ que óleo dele tem propriedade repelente sobre outras formigas/ não sabe se sobre essa tem/ então a gente vai tentar isolar o óleo também/ e ver se//

Professor Márcio: Imagina como vocês vão fazer isso(?).

Juan: Nós tivemos acesso a um protocolo na internet.

Professor: Para isolar(?)

Ana: O óleo/ a gente achou/ não sei/ ontem não foi(?) O protocolo só que a gente até trouxe para ver se a gente tem todos os reagentes/ se é possível fazer isso com material que a gente tem.

Thiago: A gente tem que analisar também que o filtrado que a gente usou/ ele tinha uma coloração meio//

Ana: Meio escura.

Professor Márcio: amarronzada.

Thiago: E deve manchar/ como a gente está pensando em uso para a cozinha/ essas coisas/ a gente está querendo ver uma forma de ver se o óleo não vai ter o pigmento/ se tem como tirar o pigmento.

Professor Márcio: Ele não vai clareando com o tempo/ não(?) A solução/ não(?)

Juan: Não parece que não.

Professor Márcio: É/ não só para vocês verem.

Ana: É um vidrinho está guardado no laboratório/ né (?) Mas eu acho que não/

Débora: Eu acho que não porque na hora que a gente secou aquela ficou lá/ ficou marronzinho.

Juan *informou* ao professor que *os dados obtidos em pesquisas* a artigos científicos indicavam que a substância que tem ação repelente é um óleo e que existe a possibilidade de isolá-lo. A possibilidade foi levantada pelo fato de o grupo ter obtido um protocolo que permitiria tal procedimento. Ele iria verificar com o técnico do laboratório se conseguiria obter os materiais necessários para executar essa metodologia. Thiago expôs que o grupo está *lidando com uma situação problema* que é o fato de o extrato apresentar pigmentação amarronzada. Essa característica foi identificada como um motivo de preocupação do grupo, uma **justificativa pragmática**, devido ao objetivo de que o produto advindo da investigação possa ter uma aplicação doméstica. Alguns integrantes do grupo *informaram ao professor* que essa cor parece se manter com o tempo.

Na aula 7, um problema de obtenção das formigas removeu o grupo de realizar o teste com extrato aplicado na aula 5, há duas semanas. Esse teste era considerado importante para verificar a duração do efeito repelente da substância. Porém, Ana, a responsável pela captura das formigas, observou que as formigas-fantasma de sua residência sofriam com ataque de outra espécie de formiga, o que impediu uma coleta adequada de formigas para os ensaios experimentais.

Ao desistir do teste, no episódio 5, o grupo iniciou a limpeza da fórmica e se deparou um problema maior do que imaginado na aula 5.

Juliana: Pega o álcool absoluto.

Juan: Mas se esfregar bem sai/olha só como está saindo do papel dela

Fabiana: Então vem Juan (!)

Ana: Acho que tem que pegar um líquido mais forte/ não(?)

Juan: Acetona(?) Então vamos usar acetona.

Fabiana: Que ideia nossa (!) Vamos lavar com sabão (?)

Juan: Hipoclorito (?)

Ana: É teria que usar isso na casa da pessoa também/né(?)

Patrícia: Nó/ é verdade/ olha isso (!) Não é só/ é só acabou de usar/ limpar na hora.

Fabiana começou a esfregar a fórmica com papel toalha e álcool derramado por Débora, tendo muita dificuldade para fazer a limpeza. Nesse momento, *lidando com essa situação problemática*, o grupo contava com uma **justificativa empírica** para a suposição de que o a cor do extrato poderia ser

um obstáculo às suas pretensões. A substância manchava e era difícil de ser retirada.

Nesse episódio, Juliana e Juan ainda *observaram e fizeram comentários* sobre o extrato.

Juliana: O cheiro é muito bom/

Juan: Dentista usa/ lembrava desse cheiro(?) Sabe curativo que coloca para obturar dente (?) Pois é/ o curativo é com o eugenol/

Nesse segmento, Juan *informou* que o eugenol, óleo identificado como responsável pela propriedade repelente, é usado por dentistas quando obturam dentes. Essa foi a primeira menção ao eugenol registrada nos dados de vídeo, mas, pela forma como foi enunciada por Juan e recebida pelo restante do grupo, percebe-se que o termo e sua relação com a propriedade repelente não era desconhecida.

No episódio 7, *iniciando o ensaio experimental do dia*, Thiago que chegou atrasado, *solicitou informações* aos colegas.

Thiago: Vocês olharam como é que tava ((a fórmica)) (?) Se tava manchado (?)

Patrícia: Manchou.

Juan: Manchou

Ana: A gente teve que esfregar para tirar ((as manchas))

Thiago: Vocês não tentaram colocar formiga para ver se (?)

Ana: A gente está com pouca formiga/ então/

Thiago: Entendi

Débora: Aqui ((aponta para um ponto da fórmica))/ Olha está bem manchado ainda/ não saí.

Thiago: A gente tem que ver se o eugenol é colorido ou é//

Ana: Mas acho que não deve ser colorido não (?) Por que o Juan olhou o eugenol é usado por dentista né (?)

Patrícia e Juan *informaram* que a superfície da fórmica ficou manchada e Ana *complementou* com o fato de que o grupo teve dificuldades para retirar as manchas. Thiago questionou se haviam realizado o teste previsto com o extrato seco aplicado há duas semanas. Ana *informou* que o teste não foi realizado. Ela confirmou que o grupo tem pouca formiga, uma **justificativa pragmática** para não realização do teste. Thiago *propôs* que o grupo verifique a cor do eugenol, e Ana *levantou a hipótese* de que essa substância deve ser incolor ou mais clara, pois é utilizada em consultórios odontológicos.

Nos próximos episódios da aula, eles centrifugaram o extrato de cravo da índia para obter uma separação de um sobrenadante. Eles manipularam a centrífuga com o auxílio do técnico. Em princípio, o grupo não fez considerações sobre as observações do líquido centrifugado, mas parece que não ficaram satisfeitos com o resultado.

Na próxima aula, a oitava, enquanto os colegas estavam envolvidos com a *montagem dos ensaios experimentais* do dia, Thiago fez *uma consulta ao professor Carlos* relacionada aos processos de extração do óleo, ou seja, do eugenol. O grupo já tinha obtido um protocolo de extração, mas o solvente necessário para realizá-la não estava disponível no almoxarifado do laboratório. Thiago questionou o professor se haveria um produto que poderia substituir esse insumo. O professor tinha dúvidas sobre a toxicidade da primeira substância que lhe ocorreu, e chamou Thiago para fazer uma pesquisa na biblioteca do instituto que fica no mesmo prédio do laboratório da disciplina. Thiago chamou Juan para acompanhá-los. Eles voltaram da consulta e não apresentaram os resultados da pesquisa imediatamente. Isso só aconteceu no episódio 16, enquanto as alunas pipetavam o extrato para a realização do terceiro experimento do dia. Juan e Thiago comentaram com o professor Márcio que eles pensaram em extrair o eugenol, mas que a substância utilizada no processo era de difícil obtenção. Essa interação foi realizada em tom baixo, o que dificultou a transcrição e a compreensão dos turnos.

As informações relacionadas aos processos de isolamento do eugenol foram apresentadas de forma mais concisa na terceira aula de apresentação, a aula 10. No episódio 2, o grupo explicitava quais poderiam ser os próximos passos da investigação, retomando a questão da coloração.

Thiago: A gente chegou a olhar também porque a gente viu que outros casos/ existem casos comprovados que cravo da índia afasta outros tipos de formiga e que era relacionado ao tipo de óleo/né(?)

Juan: Do eugenol.

Thiago: Do eugenol (?) A gente olhou com o professor Carlos para ver se a gente conseguia a substância para fazer a extração/ mas parece que é bem complicado de ser adquirida/ então a gente nem sabe se vai fazer até pelo tempo.

Professor Márcio: Chama eugenol (?)

Professor Carlos: Eugenol
Professor Márcio: E você não consegue comprar ele não (?)
Thiago: O eugenol puro/ eu não/ a gente só viu o protocolo de extração do eugenol a partir do cravo.
Ana: Mas parece/ você ((aponta para Juan)) pesquisou parece que dentista usa/ dentista usa/
Professor Márcio: É verdade tem um cheirinho.
Professor Márcio: É podia tentar alguém que tem uma tia que for dentista né (?)

Thiago explicitou que o grupo *utilizou informações conceituais* para atribuir o efeito repelente encontrado no extrato de cravo da Índia ao óleo denominado de eugenol. Eles informaram que *consultaram* o professor Carlos sobre a possibilidade de isolar esse óleo. Entretanto, a alternativa foi descartada a partir de uma **justificativa pragmática**: o solvente necessário para o isolamento do óleo é difícil de ser adquirido, e não haveria tempo hábil para obtê-lo antes do final do semestre. O professor Márcio sugeriu o uso do eugenol puro e, quando informado pelo grupo que esse óleo é utilizado por dentista, recomendou uma tentativa de aquisição.

Nesse episódio, o professor Carlos ainda complementou a informação sobre o processo de isolamento de que o solvente era altamente inflamável e, portanto, não era aconselhável o seu manuseio.

Na aula 12, o assunto acerca da pigmentação do extrato é retomado no episódio 7 quando o grupo *discutia sobre as últimas alternativas* que seriam testadas na atividade.

Thiago: Vocês acham que a gente ainda faz aqueles coisas de tentar/ a gente/ algum outro teste ou começa a trabalhar com perspectiva (?) Por exemplo/ tentar tirar a pigmentação disso aí/ é/
Ana: Posso te falar uma coisa.
Juan: É não vai dar tempo não/
Ana: Na próxima aula//
Fabiana: Eu acho que a gente tem resumir os testes e começar organizar os resultados/
Thiago: É isso que eu estou falando a gente apresenta isso como perspectiva/
Juan: ah/ claro/ claro/ nas conclusões a gente coloca/

Thiago *problematizou* se o grupo deveria realizar um teste para retirar a pigmentação. Essa sugestão foi contestada por Ana, Juan e Fabiana por meio de uma **justificativa pragmática**, pois o final do semestre se aproximava e eles precisavam se organizar para produzir os trabalhos da disciplina.

Para reforçar sua argumentação, Ana apresentou uma **justificativa empírica** com *o uso de dados* da atividade do grupo.

Ana: A gente não tem tempo/ talvez se tivesse tipo ((incompreensível))/ porque aquele que a gente colocou ((extrato de cravo da índia)) na centrífuga/ não separou nada/ separou uma coisa meia branca/ mas não separou a cor/
Juan: Separou um filtrado/ que o negócio deu conta de fazer/
Thiago: É a cor não saiu/

Como já mencionado, o teste de centrifugação do extrato foi realizado na aula 7. Naquele momento, os alunos não fizeram comentários acerca dos resultados obtidos, mas agora eles são utilizados para fundamentar um argumento.

Nesse episódio, Ana lembrou que Débora havia comentado que o eugenol era utilizado nas aulas práticas do curso de farmácia. Essa informação foi obtida com uma colega que frequentava o curso nessa instituição de ensino. Diante disso, Ana sugeriu que a Débora a consultasse. Débora saiu do laboratório para realizar uma ligação telefônica.

A preocupação com as restrições advindas da coloração do extrato para a produção do repelente natural são novamente ressaltadas por Thiago. Ele *consultou* o professor quanto à possibilidade de extrair o pigmento do extrato.

Thiago: É difícil extrair pigmento desses negócios ((extrato de cravo da índia)) (?)
Professor Márcio: Extrair o pigmento de que(?)
Juan: Do que vai sair do filtrado (?)
Thiago: Porque a gente tá pensando se for usar para passar/ usar na cozinha/ entendeu(?)
Ana: Porque isso mancha/ Não é que mancha/
Juan: Mancha sim/
Thiago: Ia ser bacana se não manchasse/mas só que mancha/ a gente que no final se desse tudo certo a gente fazer isso tentar ver se dá para extrair o pigmento/ ou extrair o princípio ativo que era o eugenol/ mas depois que a gente viu que era problemático extrair o princípio ativo/
Professor Márcio: E o eugenol é de que cor(?)
Patrícia: A gente queria saber isso/
Professor Márcio: Porque se o eugenol for da cor desse negócio daí/ aí não adianta/

Novamente, Thiago *explicitou* para o professor Márcio *a situação problemática enfrentada* pelo grupo. O extrato manchava, e isso comprometia a meta de produzir uma substância para ser aplicada em superfícies residenciais.

Thiago *informou* que o isolamento do eugenol era difícil. Então, o professor apresentou a seguinte problematização, fundamentada em uma **justificativa pragmática**: se o eugenol tivesse a cor do extrato, não haveria como isolá-lo. Os alunos informaram que iriam realizar essa consulta.

Logo em seguida, Débora retornou e *informou o resultado de sua consulta*.

Ana: Conseguiu(?)
Débora: Marrom/ da mesma cor desse caldo (?)
Professor Márcio: Aí viu/ tá vendo/ então não tem nem jeito/

A informação de Débora se constituía em uma **justificativa empírica**, que confrontava com a hipótese do grupo, apresentada na aula 7. Naquela aula, o grupo parecia compartilhar a expectativa de que o eugenol apresentaria uma coloração mais clara e que a tonalidade amarronzada do extrato estaria associada a outro componente. Nesta aula, eles certificavam que o eugenol é o pigmento responsável pela cor do extrato.

Professor Márcio: Não/ não tem como tirar o pigmento não/ O óleo é a cor/ o eugenol
Ana: Então não tem como tirar o pigmento então não(?)
Professor Márcio: Tá falando de que(?) Disso aí ((o extrato de cravo da índia)) (?)
Ana: NÃO tirar o pigmento do eugenol/ por exemplo (?)
Professor: Mas o eugenol é a cor/
Ana: ((risos)) é cor dele/ é o pigmento.
Thiago: A gente pode tentar arrumar uma coisa que misturada com ele fica de outra cor/
Ana: Porque isso aqui mancha/
Thiago: e que não/ e que não/ avacalhe ele/
Professor Márcio: Bom eu não sei/
Thiago: Existe isso esse tipo de coisa(?)
Professor: Eu não sei se esse tipo de coisa existe sem modificar o eugenol.

Nesse segmento, observa-se que o professor ajudou Ana na compreensão da relação entre o eugenol e a coloração do extrato. Diante dessa evidência, Thiago ainda *levantou a hipótese* sobre a existência de uma substância que, acrescentada ao extrato, poderia mascarar a coloração do eugenol.

Nesse momento, o grupo tem uma variedade de justificativas para abandonar o investimento na tentativa de resolver o problema das manchas resultantes da aplicação do extrato de cravo da índia. Ele tinha **justificativas**

empíricas e conceituais: o eugenol confere ao extrato tanto a propriedade repelente quanto a sua coloração amarronzada. O grupo também contava com **justificativas pragmáticas:** não era possível isolar o óleo nas condições oferecidas pelo laboratório; e o final do semestre se aproximava e o grupo precisava se dedicar à produção dos trabalhos escritos.

Diante dessas justificativas, eles definiram que não compensava realizar qualquer teste para analisar a variável pigmentação. Apesar da importância e dos problemas relacionados à coloração do extrato, essa variável não foi citada no artigo (ver FIGURA 9). Ela foi a única variável que foi omitida desse registro.

Os eventos relacionados às discussões que envolveram a questão da pigmentação do extrato de cravo da Índia são encontrados no quadro 17.

QUADRO 17

Quadro-síntese do processo de tomada de decisão sobre a relação entre a pigmentação e a propriedade repelente

Problema	Fontes de informações	Ação	Operações epistêmicas	Tipo de Justificativa
Pigmentação do extrato de cravo da Índia	Aula 5 (laboratório)	Realização do quarto ensaio experimental	Observar Avaliar procedimento Identificar variável	Pragmática
	Aula 6 (sala de aula)	Estabelecimento de procedimentos da investigação	Apresentar procedimento Usar fontes bibliográficas Lidar com situação problemática	Pragmática
	Aula 7 (laboratório)	Preparação para a investigação	Lidar com situação problemática Observar	Empírica
		Realização do ensaio experimental	Solicitar informação Relatar a colega Levantar hipótese	Pragmática
	Aula 8 (laboratório)	Montagem do experimento	Consultar ao professor	
	Aula 10 (sala de aula)	Estabelecimento de procedimentos da investigação	Usar fontes bibliográficas	Pragmática
	Aula 12 (laboratório)	Discussão sobre a produção do trabalho escrito e sobre os procedimentos da investigação	Problematizar Usar os dados da investigação Consultar fonte externa Propor alternativas	Pragmática Conceitual Empírica

4.3.3. A concentração do extrato de cravo da Índia

Outra variável estudada pelo grupo foi a concentração do extrato de cravo da Índia. Pelos relatos do grupo, a possibilidade de realizar essa análise já fazia parte do projeto, entregue na disciplina do semestre anterior. Na aula 3, na primeira apresentação da atividade que foi filmada, Juan indicava que verificar o limite de concentração do extrato de cebolinha, em que ainda se constatava a propriedade de repelir as formigas, era uma das metas da atividade. Esse turno já foi apresentado na subseção 4.2.2, mas vale a pena destacá-lo novamente.

Juan: Ela é a fornecedora de formigas ((aponta para Ana))/ A gente vai tentar primeiro/ usar ela/ picar a cebolinha/ e fazer tipo um halo entre elas/ fazer com que elas fiquem no centro/ algum estímulo físico para que elas saiam/ E ter um controle positivo também/ alguma coisa que seja um repelente de formigas/ a gente tava pensando nisso agora/ para dar um mesmo estímulo para ver se conseguem sair do halo ou não/ A mesma coisa seria com a cebolinha/ colocaria o extrato de cebolinha macerado/ depois tentaria colocar com água destilada/ em diferentes concentrações 50%/ 1%/ 10% para ver até aonde a propriedade acontece/ ver se realmente existe essa propriedade repelente/ naturalmente parece que sim/ e ter o cuidado também de manter no início/ a gente vai testar com orgânica mesmo/ toda cebolinha é orgânica/ mas sem agrotóxico/ porque as vezes herbicidas/ inseticidas/ etc/ afastam.

Com relação ao extrato de cravo de Índia, a questão da concentração começou a ser abordada no final da aula 6, a segunda aula de comunicação. No quinto e último episódio, o professor Márcio solicitou ao grupo um esclarecimento que estava relacionado à concentração do líquido utilizado no ensaio experimental da aula 5.

Professor Márcio: Alguma pergunta ((para o restante da turma)) (?) Quer fazer alguma((questão)) (?) Concentração (?)
Thiago: A princípio/ a gente não usou ainda.
Professor Márcio: do seu macerado (?)
Ana: É a gente não//
Professor Márcio: Não foi/ dez cravos e um litro de água (?)
Ana: Não a gente colocou um tanto assim/ ((faz um gesto com os dedos mãos)) e um pouquinho de água.
Professor Márcio: Um tanto é uma porção boa para Ana Maria Braga²⁷
Ana: Pois é (!) Mas como um experimento preliminar assim/ né (?)
Débora: É a gente queria ver se tinha ((a propriedade repelente))/
Professor Márcio: Tudo bem.
Ana: A ideia é depois quantificar tudo certinho a quantidade.

²⁷ Ana Maria Braga é uma famosa apresentadora de televisão brasileira. Em seu programa de variedades, ela apresenta receitas para o seu público.

Juan: A intenção desse projeto era ver a concentração que ainda tinha uma atividade repelente da cebolinha

Ana *relatou* ao professor que a concentração do extrato não foi mensurada e pela sua *descrição* indicava que o mesmo foi produzido de forma intuitiva. Débora expôs uma **justificativa pragmática** para que o grupo produzisse o extrato sem preocupação com a concentração. Os alunos queriam apenas verificar se a substância tinha propriedade repelente. Essa precaução estaria relacionada ao insucesso com a cebolinha. Ana *informou* que as próximas etapas envolveriam o cuidado com a quantificação e Juan destacou que um dos objetivos era verificar a concentração limite do extrato em que se pode perceber atividade repelente.

Na aula 8, os alunos chegaram ao laboratório com o objetivo de realizar os primeiros experimentos controlados e padronizados. No primeiro episódio, Ana *apresentou a sua proposta* para a agenda do dia.

Ana: Tava falando com o Juan que hoje tem bastante formiga/ aí o que a gente fizer hoje por exemplo já serve como trabalho final/ o cravo da índia.

Fabiana: Não vai dar tempo de fazer tudo hoje porque a gente tem que fazer muitos testes/ tem que fazer três vezes.

Ana: Não/ mas isso que estou falando/ se a gente fizer um teste que der cem por cento/ ele já é um trabalho/ ele já é um projeto/ entendeu (?)

Juliana: Ele é uma parte/ isso(?)

Ana: Não/não é uma parte/ não/ porque se a gente não conseguir mais formiga/ só o que a gente fez hoje já serve como resultado/ entendeu (?)

Ana *propunha* ao grupo realizar experimentos que fornecessem resultados para o trabalho final. A proposta se associava a uma **justificativa pragmática**, pois nesse dia o grupo contava com um bom número de formigas. Como mencionado na subseção anterior, as formigas da residência de Ana estavam sendo atacadas por outra espécie, e ela receava não conseguir coletá-las para as próximas aulas. Convicta de seu argumento, Ana retomou esse raciocínio.

Ana: Enfim/ se gente depois não conseguir mais formiga/ acaba que o que a gente fizer hoje aqui já é um projeto/ cravo da índia repele/ a gente vai fazer três vezes/ lógico que quanto mais a gente fizer melhor/ então a gente tem que ter muita atenção e fazer tudo certinho

Ela defendia que se fizesse um tipo de ensaio experimental por três vezes para confirmar, sob condições padronizadas, se o extrato de cravo da

índia repelia as formigas-fantasma. De posse do resultado, o grupo poderia investir em outras alternativas. O restante do grupo concordou com a proposta de Ana e iniciou o processo de produção do extrato.

Fabiana: Aí a gente vai fazer ((incompreensível)) ou macerar o cravo (?)

Ana: Não com cem ((por cento)) / tá escrito ali ((observa o caderno))

Fabiana: Isso é cem por cento (?) Porque isso é cem por cento (?)

Ana: Porque a gente vai determinar que essa é a mais concentrada que a gente vai fazer/ entendeu (?)

O segmento evidencia que a definição de maior concentração do extrato foi feita de maneira arbitrária. Logo em seguida, eles contaram cinquenta cravos da Índia, pesaram e registraram o valor no caderno de registro do grupo. Esses cravos foram macerados em água e o líquido filtrado. O extrato foi aplicado em um grande retângulo na fórmica.

No décimo primeiro episódio, antes do primeiro ensaio experimental, Ana *consultou* o professor Márcio acerca dos procedimentos do dia. Ela questionou se era melhor para o grupo realizar vários testes com a mesma concentração ou fazer três experimentos com concentrações diferentes. O professor Márcio recomendou realizar três ensaios experimentais com a concentração maior e depois repetir o procedimento com extrato com concentrações mais baixas.

O grupo realizou o primeiro ensaio experimental do dia, seguindo os procedimentos já descritos em seções anteriores. Após a produção dos resultados, no episódio 13, eles *se envolveram em discussão sobre qual seria o próximo passo*.

Ana: Vão limpar e vão fazer rapidinho/ gente ((incompreensível))

Débora: Hein (?)

Ana: Vamos limpar e fazer outro ((ensaio experimental))

Débora: Que outro (?) com água (?)

Juan: Repeti/ ué

Ana: São três com a mesma coisa

Thiago: Isso que ele falou é para olhar qual ((concentração)) que dava mais

Patrícia: Acho que dá para a gente fazer.

Thiago: Oh Ana (!) Oh Ana/ ele falou que não é para fazer três vezes com o mesmo/ com a mesma concentração.

Ana: Por que (?)

Thiago: Falou para você fazer diversas concentrações e a que der o melhor resultado/ a gente faz mais com elas.

Ana: É mais se for fazer a que dá melhor resultado é a de 100%/ uai

Fabiana: Concentrações de extrato ou de formiga que você está falando (?)

Thiago: Não/ a gente faz diversas concentrações a que der melhor resultado a gente faz mais vezes.
Débora: Mas eu acho que vai demorar para a gente fazer/ até gente amassar esse trem tudo de novo
Ana: Não pode pegar o que já pronto lá ((aponta para o recipiente)) e dividir ele em//
Fabiana: Vamos fazer com água/ então/gente
Ana: Ou eu acho que a gente devia fazer os três de uma vez que a gente já completa esse teste.
Patrícia: Então vamos (!)

O grupo divergia com Ana e Juan *propondo* repetir mais duas vezes o experimento com o extrato mais concentrado, conforme recomendado pelo professor. A recomendação do professor tinha sido entendida de forma diferente por Thiago, que, por isso, *sugeriu* que deveriam fazer diferentes concentrações de extrato e repetir com a que **apresentar** o melhor resultado. Já Fabiana *defendia* que o próximo teste deveria ser com a água, para eliminar as dúvidas quanto à influência do solvente no comportamento das formigas. A proposta de Ana foi acolhida pelo grupo, mas ela ainda se dedicou a esclarecê-la para Thiago.

Ana: Olha só que estava pensando/ olha só/ a gente tá com problema de formiga/ se por caso o próximo/ semana que vem não tiver formiga para fazer/isso aqui que a gente fez/ ((incompreensível))/ isso aqui que a gente fez já é um projeto/ entendeu (?) A gente já garantiu isso/ entendeu(?)/A gente já vai fazendo alguns estudos/ ((incompreensível))(?) O que é melhor vários com o de cem/ coisa que a gente fez até agora e/ e/ fazer só com ele/ o máximo que a gente conseguir/ vinte teste com esse/ ou é melhor fazer três com cada concentração (?) O que que é melhor (?)
Fabiana: Ahan (!)
Thiago: Fazer 18/ nove com esse aí/ ou fazer três com cada concentração (?)
Fabiana: Tem que fazer agora/ Thiago.
Thiago: Eu sei/ mas já tá escolhendo esse aqui arbitrariamente/ pego esse/ fez experimento/ pronto/ falou que está bom.
Ana: Não/ a gente a pensou o seguinte/ um cravo para cada mililitro/ a gente considerou//
Thiago: Não eu não tô questionando//
Ana: Olha que to falando/ a gente considerou o seguinte/ cada cravo para cada mililitro/ a gente considerou que essa a mais concentrada que a gente consegue fazer.
Thiago: Dá para fazer mais.
Ana: Dá para fazer mais/ mas olha só/ se essa aqui repele/ uma outra mais concentrada vai repelir também/ ela tá mais concentrada/ entendeu(?)

Novamente, ela argumentou recorrendo a **justificativa pragmática** de que o grupo estava com um problema na obtenção de formigas para sustentar a sua proposta. Nessa interação, Ana também *descreveu* como o grupo definiu a concentração do extrato de cravo da Índia utilizado nos ensaios

experimentais. Ela apresentou a hipótese de que, se o líquido produzido com essa concentração repelia as formigas, não haveria sentido produzir um extrato ainda mais concentrado. Com isso, nos episódios 15 e 17, foram realizados ensaios experimentais com o extrato mais concentrado.

Na comunicação do andamento da atividade no quarto episódio da aula 10, Ana *expressou que a questão era uma situação considerada como um problema* pelo grupo e consultou os professores sobre qual seria o melhor caminho.

Ana: Agora a nossa dúvida é a seguinte se a partir desse passo a gente investe em fazer em outras concentrações ((do extrato de cravo da índia))/ da mesma forma/ três vezes cada um para gente fazer a média/ ou se gente continua nessa mesma concentração com um número maior de formigas para a gente chegar em um resultado mais específico assim.

Thiago: A gente pode buscar a concentração mínima que ainda é efetiva ((para repelir as formigas))

Juan: Isso (!)

Thiago: Que aí você maximiza

Professor Carlos: É/acho que a ideia de fazer a concentração é legal/ eu acho que não há dúvida de que ela ((o extrato de cravo da índia)) repele ((as formigas))/ quer dizer/ você repetir esse experimento aí vai ser chover no molhado/ porque se o controle ((teste realizado com água))/ ele ((as formigas)) sai cem por cento/ e desse jeito sai em torno de cem por cento/ então não tem dúvida que repele/ então acho que melhor vocês darem um passo além/ que seria usar o eugenol/ talvez a ideia é tentar em loja de dentista/ isso não costuma ser caro não/ tentar purificar também/ eu vou tentar ver o dicloro metano ainda/talvez uma outra alternativa/ e essa coisa da concentração é interessante também/ ver se/ você pode ter uma escala de repelência/ né(?)/ dependendo da concentração.

Diante da exposição do grupo, o professor Carlos recomendou o investimento em outras concentrações do extrato que poderiam trazer novas informações ao grupo. Essa **justificativa de natureza empírica** foi acolhida pelo grupo que, na aula 11, se dedicou à realização de ensaios experimentais com objetivo de verificar se o extrato com concentração de vinte por cento apresentava propriedade repelente. No episódio 2, Juliana solicitou informações sobre a agenda do dia.

Juliana: O que vocês pensaram em fazer?

Ana: Ao invés de fazer ((o extrato de cravo da índia)) de cinquenta ((por cento)) hoje/ a gente faz a de vinte e cinco ((por cento))/ entendeu (?)
Porque se não repelir/ a gente faz a de cinquenta na próxima aula/ se repelir/ Já((incompreensível))

Patrícia: Não vai precisar diminuir ((a concentração do extrato de cravo da índia)) mais/ né(?)

Juliana: O ((extrato)) de vinte e cinco ((por cento)) então é treze ((cravos)), né(?)/ o ((extrato)) de cem é cinquenta cravos para cinquenta ml/ não é isso (?)

Ana: Acho que é/ confere

Juliana: Tá escrito aqui((no caderno))/
/

Ana *expôs* que o grupo iria realizar os ensaios experimentais com um extrato com concentração de vinte e cinco por cento. A expectativa do grupo é que, se nessa concentração fosse observada ação repelente, não haveria necessidade de trabalhar com outras concentrações, o que pode ser considerada **uma justificativa pragmática**. Juliana questionou sobre os procedimentos para a produção do extrato, e, conforme indicado por Ana, *consultou* o caderno de registro. Posteriormente, ela e Juan iniciaram o processo de produção do extrato. Eles contaram e pesaram os cravos, maceraram e filtraram o líquido, o qual foi utilizado em três ensaios experimentais que aconteceram nos episódios 4, 8 e 11.

Os resultados desses testes foram apresentados no primeiro episódio da aula 13.

Ana: (...)/na última apresentação a gente falou que a gente que colocou/ que gente fez um extrato ((de cravo da índia)) / a gente chamou ele de cem por cento/ foi cinquenta cravos/mais ou menos/ para cinquenta mls ((de água))/ a gente pingou o nosso padrão/ que a gente sempre faz e repeliu cerca de/ repeliu cerca de noventa por cento((das formigas)) /

Patrícia: 10 por cento/

Ana: É/ apenas dez por cento passaram ((passaram pela barreira de gotas)) / aí o que a gente fez no nosso próximo teste depois da nossa aula/ a gente pegou/ a gente fez a mesma concentração e diluiu para vinte e cinco por cento e aplicamos do mesmo jeito/ no mesmo padrão/aí o resultado foi que repeliu/ não/ que passaram mais ou menos dezessete vírgula sessenta poucos formigas/ por cento/ enfim//

Professor Carlos: por cento

Ana: então/passaram mais ou menos essa porcentagem de formigas/então a gente analisou achou que é um resultado positivo porque a gente diluiu/ a gente diluiu para vinte cinco por cento e ainda assim nem dobrou a quantidade de formigas que tinham passado/ a gente repetiu três vezes tudo do mesmo jeito/ aí a gente concluiu que essa parte de trabalho do nosso projeto já estava concluída/ que a gente não precisava de aplicar em outras concentrações/ que a gente já fez uma concentração alta/ uma concentração baixa/ e a função do nosso trabalho mesmo não era definir qual era concentração mínima/ não era o nosso objetivo/ o nosso objetivo era definir se era viável a utilização/ /(...)

Ana *descreveu os procedimentos dos ensaios experimentais e apresentou os resultados e a avaliação do grupo*. O grupo avaliava os

resultados obtidos como positivos e considerava que uma parte do projeto estava concluída.

Portanto, o estudo acerca da concentração do extrato de cravo da Índia estava finalizado, e os procedimentos e os resultados relacionados a essa investigação foram apresentados no artigo como os principais de toda a investigação. O conjunto de tomadas de decisão sobre a concentração do extrato está registrado no quadro 18.

QUADRO 18

Quadro-síntese do processo de tomada de decisão relacionadas a concentração do extrato de cravo da Índia

Problema	Fontes de informações	Ação	Operações epistêmicas	Tipo de Justificativa
Concentração do extrato de cravo da Índia	Aula 6 (sala de aula)	Discussão sobre procedimentos	Relatar ao professor Descrever procedimento Informar ao professor Apresentar objetivo	Pragmática
	Aula 8 (laboratório)	Discussão sobre procedimentos	Propor alternativa	Pragmática
		Discussão sobre procedimentos	Consultar ao professor	
		Discussão sobre procedimentos	Propor procedimentos Descrever procedimento Apresentar hipótese	Pragmática
	Aula 10 (sala de aula)	Discussão sobre procedimentos	Lidar com situação problema Problematizar Consultar ao professor Propor alternativa	Empírica
	Aula 11 (laboratório)	Preparação da investigação	Solicitar informações Consultar caderno de registro	Pragmática
	Aula 13 (sala de aula)	Apresentação do andamento do projeto	Descrever procedimento Apresentar resultado Apresentar avaliação	

4.3.4. A estabilidade do efeito repelente

A meta de obter um repelente de formigas-fantasma natural para ser aplicado em ambientes domésticos exigiu que o grupo analisasse a estabilidade da substância investigada. Eles identificavam que para atender essa finalidade era fundamental que o extrato tivesse um efeito prolongado após a sua produção e também depois de secar.

A importância do exame da estabilidade da propriedade repelente do extrato de cravo da Índia começou a ser considerada no episódio 23 da aula 5. Os alunos *realizavam o quarto ensaio experimental*, o primeiro com o extrato de cravo da Índia. Eles *observavam e avaliavam* o procedimento.

Thiago: O melhor seria se a gente fizesse o extrato e depois deixasse o extrato secar/ só que a gente tem de deixar de um dia para o outro.

Juan: Mas aí vai demorar/ o problema é que vai//

Fabiana: E se a gente secar umas gotinhas/ assim(?)

Patrícia: A gente vai tentar depois com água(?)

Ana: A gente podia é guardar depois esse extrato/ Será que tem problema guardar o extrato(?)

Patrícia: Põe na geladeira.

Fabiana: Ah(!) Eu acho que não/ a gente não precisa fazer um ((extrato)) no dia/ porque às vezes a propriedade repelente dele vai saindo.

Essa interação foi iniciada por Thiago com *a proposta de um procedimento* que envolvia deixar secar o extrato para observar o seu efeito, uma **justificativa empírica**. A proposta foi *problematizada* por Juan que acreditava que o extrato demoraria secar. Ana *propôs* guardar o extrato, mas logo *problematizou* a proposta. Patrícia recomendou utilizar a geladeira para armazená-lo. Nesse segmento, de forma contraditória, Fabiana *levantou a hipótese* de a propriedade repelente do extrato diminuir com o tempo.

Nesse episódio, o grupo *definiu realizar dois procedimentos*: o primeiro guardar na geladeira o extrato produzido nesta aula e deixar a fôrmica suja com essa substância. Na próxima aula de produção, eles pretendiam testar a estabilidade do efeito repelente com a realização de ensaios experimentais considerando duas condições diferenciadas.

No episódio 2 da aula 6, quando o grupo fazia *uma descrição dos procedimentos da investigação*, o professor Márcio fez um questionamento sobre o tempo de produção do extrato.

Professor Márcio: E quanto tempo que vocês preparam o cravo da Índia(?)
Por quanto tempo o cravo da Índia ficou macerado antes de vocês(?)

Ana: Foi rapidinho/ foi na hora assim/ a gente guardou o que sobrou((o extrato de cravo da Índia))//

Patrícia: Para ver se ainda tem//

Professor: Vocês guardaram(?) Vocês guardaram ele((o cravo da Índia)) macerado em água ou só macerado?

Ana: Macerado/ ((falas simultâneas incompreensíveis)) a gente filtrou ele ((o macerado)).

Professor: Fez o que(?)

Juan: A gente macerou/ fez//.
Professor: a com água/ você filtrou e tirou o sobrenadante e ficou só o líquido((?))
Ana: Isso.
Professor: E esse líquido tem cheiro assim((?))
Ana: Tem.
Patrícia: Foi o líquido que a gente usou ((no experimento)).
Professor: Vocês acham que esse líquido vai continuar tendo atividade daqui algum tempo(?)
Ana: Inclusive a gente deixou ela/ a fórmica suja/ a gente não limpou/ com as manchas lá/ para a gente ver se quando a gente colocar a formiga de novo vai continuar tendo a propriedade.
Professor: Ah tá(!) Mas você não vai poder usar essa para outro experimento.
Ana: Não/ a gente vai limpar//
Thiago: É/ é para ver a duração disso.

Ana e Patrícia *informaram* ao professor que guardaram o extrato produzido na última aula para realizar novos testes. O professor perguntou sobre o processo de produção e as características do extrato e problematizou sobre a duração do efeito repelente. A intervenção do professor parece ter como objetivo despertar o interesse do grupo para essa variável. Ana *expôs* que o grupo deixou a fórmica suja com o extrato aplicado na última semana e indicou que eles iriam realizar um teste com o material para avaliar essa característica do líquido.

Em outro momento da aula, no episódio 3, quando *apresentavam possibilidades de procedimentos para a investigação*, Thiago e Juan *reafirmam que a variável* relacionada à duração do efeito repelente do extrato era importante para o grupo, devido a **uma justificativa pragmática**.

Thiago: E ver também a duração né (?) Porque se for para uso/ né (?) Por exemplo/ pelo menos dura um mês/ dois meses e continua com atividade ((repelente)) ou não(?)
Juan: Se a gente consegue alguma substância que estabiliza/ né (?)

Como já mencionado em subseções anteriores, na aula 7, devido ao problema de obtenção de formigas, o teste com extrato seco não foi realizado. Com isso, por **uma justificativa pragmática**, no sétimo episódio, foi realizado apenas o ensaio experimental com extrato produzido há duas semanas. Como habitual, os integrantes do grupo *observaram*, contaram as formigas e *fizeram comentários avaliativos*.

Com o tempo, as formigas começaram a atravessar a barreira de gotas do extrato, *fato observado por* Patrícia, e os integrantes do grupo apresentaram uma *avaliação inicial dos resultados*.

Patrícia: Nó gente saiu muita((formiga))/ que droga (!)
Juliana: Que droga estava tudo indo bem.
Thiago: Quanto tempo deu (?)
Débora: Cinco minutos.
Patrícia: Vai ver porque ele((o extrato)) perdeu o efeito//
Juan: É porque ele ((o extrato)) ficou velho/ porque tem duas semanas.
Thiago: Ah (!) esse aqui tem duas semanas

Nessa interação, Patrícia *levantou a hipótese* de que as formigas passavam pela barreira de extrato, porque a substância teria perdido o efeito de repelir as formigas. A hipótese foi reforçada por Juan e Thiago que associavam essa perda de efeito ao tempo em que essa substância foi produzida e armazenada.

Eles *continuaram a observar* as formigas, e aos poucos percebe-se uma mudança na *avaliação* do grupo.

Thiago: Mas tem que ver se o negócio ((o extrato de cravo da índia)) funciona depois de secar também/ vai ter que olhar isso/ vai ter que passar/ deixar secar//
Juan: Mas se velho assim não tá ((repelindo as formigas))/
Ana: Não/ eu acho que ele tá ((repelindo as formigas))/ talvez num tem uma ação ((repelente)) cem por cento//
Patrícia: Mas que está adiantando/ tá/

Nesse momento, Thiago *problematizou* que era necessário verificar se o extrato teria efeito quando seco. Com *a utilização dos dados do ensaio experimental*, Juan *contrapôs* essa ideia. Ele *avaliava* que o extrato não se mostrava eficiente. Ana e Patrícia *compartilhavam uma avaliação* diferente, fundamentada em uma **justificativa empírica**: a ação repelente poderia não ser total, mas elas percebiam que nem todas as formigas atravessavam a barreira de extrato.

Na aula 8, quando os alunos realizavam o terceiro ensaio experimental com extrato mais concentrado no décimo sétimo episódio, o professor voltou a problematizar a questão do tempo entre o preparo da substância e sua utilização.

Professor Márcio: Agora olha só/ há quanto tempo que esse troço((extrato de cravo da índia)) tá aqui feito (?)
Patrícia: Agora.
Professor Márcio: Não/ agora é agora (?)
Patrícia: Tem uma hora
Professor Márcio: Será que isso dá diferença (?)

Ana *informou sobre os resultados* dos ensaios anteriores: no primeiro, nove por cento das formigas atravessaram barreiras de gotas de cravo; no segundo, doze por cento. Ciente dessas informações, professor Márcio continuou com a problematização.

Professor: Se der vinte por cento nesse ((ensaio experimental)) (?) Hein (?)
Juliana: E se der oito ((porcentagem de formigas que saíram))(?)
Professor Márcio: Não/ se der oito por cento tudo bem/ concordo/ concordo.
Juliana: Eu entendi o que você está falando.
Professor Márcio: Você entendeu né (?)
Juliana: Está perdendo ((o efeito repelente))
Professor Márcio: Está perdendo alguma ação/ pode ser interessante observar/
Fabiana: Mas tipo assim ela ((o extrato de cravo da índia)) pode perder alguma coisa ((ação repelente))/ mas não perde tudo
Professor Márcio: Ah (!) não perde tudo/
Fabiana: A gente testou o outro ((extrato de cravo da índia)) depois de um semana
Professor Márcio: Mas ele ((o extrato de cravo da índia)) funcionou 100 por cento (?)
Fabiana: Não/ mas ele deu trinta ((porcentagem de formigas que saíram))

A problematização do professor tinha como objetivo chamar atenção para a possibilidade de que a ação repelente da substância poderia ser perdida como o tempo. Em resposta, Fabiana *usou dados da investigação*, uma **justificativa empírica**. Ela *apresentou os resultados do ensaio experimental* com um extrato produzido anteriormente como uma evidência de que a propriedade repelente não era totalmente perdida com o tempo.

Na aula 10, os alunos se envolveram em discussões relacionadas aos próximos passos da investigação. No episódio 4, Thiago *apresentou uma das alternativas* pensadas pelo grupo que era aplicar o extrato e esperar secar. Com esse procedimento, seria verificado se a substância responsável pelo efeito repelente era volátil, o que era *uma hipótese* do grupo.

Thiago: A gente estava pensando em fazer/ é/ no caso assim teste/ esperando secar ((o extrato))/ a gente passar/ esperar secar para ver se tem efeito depois/ ou se só em líquido que vai ter volatilidade/ e tal.

Nessa apresentação, o grupo *explicitou* uma de suas *conclusões*. Eles deduziam que a substância pesquisada tinha certa estabilidade na forma líquida. Observe a interação abaixo.

Ana: E também o Márcio levantou a última questão/ a última vez que ele estava lá com a gente/ porque é/ quando fez isso aqui estava na sequência o primeiro/ o segundo/ o terceiro/ aí ele falou assim/ mas olha o terceiro/depois de quanto tempo vocês tiraram o extrato (?) Será que vai alterar ou não (?) Aí a gente viu que foi o menor que de todos/ que não fez diferença também/ o fato de ter feito ele uma hora atrás/ ou então/ quarenta minutos não fez diferença

Professor Márcio: Dentro do tempo que vocês fizeram/não foi significativo

Ana: É/ não foi significativo.

Professor: Agora pelo menos vocês podem fazer coisa que do tipo? Ver se esse material se perde quando você esquenta/ se é termolábil/ ou então evapora/ isso pode ser interessante/ porque é para a cozinha.

Thiago: Da parte do tempo/ a gente até acredita que não tem muita diferença/ porque teve uma vez que a gente tinha feito um extrato ficou lá duas semanas/ e a gente fez o experimento/só que não era padronizado assim/ o tamanho/ e não era padronizado/ o volume da gota e tal/mas a gente fez e ainda assim o resultado foi positivo/

Ana: Deu vinte três por cento/

Nesse segmento, observa-se que tanto Ana quanto Thiago fundamentaram as suas exposições em **justificativas empíricas**. Ana *utilizou os dados dos ensaios experimentais* com o extrato mais concentrado realizado na aula 8. Ela trouxe como evidência para a sua exposição que o último dos três ensaios realizados foi o que registrou a menor porcentagem de formigas que saíram da barreira. Thiago *utilizou os dados do ensaio experimental* com extrato guardado há duas semanas, realizado na aula 7. Mesmo após o tempo de armazenamento, foi observado um resultado avaliado como significativo, pois a porcentagem de formigas que atravessou a barreira do extrato foi considerada pequena. Então, para o grupo, o produto na sua forma líquida apresentava alguma diminuição na ação, mas ainda poderia ser utilizado para repelir as formigas.

A aula 12 é aquela em que os alunos começaram a investigar a estabilidade do extrato de cravo da índia seco. Um fato isolado, mas que provavelmente teve influência nos rumos da investigação, ocorreu bem no início da aula. No episódio 1, enquanto arrumava sozinho a bancada, Juan foi questionado pelo professor Márcio sobre a agenda do dia. O aluno *informou*

que o grupo pretendia investigar a ação repelente do extrato seco. A informação suscitou uma problematização do professor.

Professor Márcio: Existe fixador(?) de cheiro (?)
Juan: Acho que deve existir/deve existir/ porque perfume né (?)
Professor Márcio: Porque sei lá às vezes tem um fixador que mantém um/ não sei como funciona/ mantém o aroma
Juan: É possível(?)
Professor Márcio: Porque você quer manter o cheiro por mais tempo/ não é? Não sei/

Essa foi a primeira menção a esse tipo de substância que foi utilizada na aula 14, como uma das alternativas para conferir estabilidade ao repelente. Quando o restante do grupo chegou, no episódio 4, a agenda do grupo foi novamente apresentada ao professor.

Ana: Agora a gente pensou em fazer o seguinte/ a gente pensou em fazer o extrato de cravo/ a gente não sabe mais a concentração/ vai passar aqui ((passa o dedo nas bordas da fórmica indicando um retângulo))/ vai esperar secar e vai colocar a formiga para ver se vai passar((pela área em que foi passado o extrato))/
Professor Márcio: Vão esperar secar como (?) Alguém vai aqui secando (?)
Thiago: para ficar mais fácil secar ((mostra um guardanapo))
Juan: Pode pincelar/
Thiago: Com o guardanapo/ só fazer um rastro assim ((demonstra sobre a fórmica))/ deve ser mais rápido secar/
Ana: Ou então pode pipetar assim((demonstra com as mãos))/ depois tirar o líquido de novo.
Juan: Mas se pipetar vai demorar mais.
Fabiana: Eu acho que se a gente fizer o rastro vai ficar pouquinho.
Juan: Pode molhar o algodão e passar o algodão aí((na fórmica))/
Ana: É pode ser/ entendeu(?) Agora a gente tá para definir qual que a concentração/
Fabiana: A gente podia fazer as mesmas concentrações/
Ana: Mas só tem ((mostra as embalagens plásticas com as formigas))
Thiago: Escolhi uma ((concentração)) delas/
Ana: Tem formigas para uma((ensaio experimental))/
Fabiana: Acho melhor fazer de cem ((por cento)) então/ que se for repelir/

Ana *relatou* ao professor que o grupo tinha planejado: produzir o extrato, aplicá-lo em quatro linhas formando um retângulo e esperar a secagem do líquido. Depois, colocar as formigas no centro e observar se elas atravessam ou não a linha formada pelo extrato seco. O professor questionou como seria realizado o processo para secar o extrato. Juan, Ana e Thiago *sugeriram procedimentos* que poderiam ser utilizados na aplicação. Eles aludiram ao uso de guardanapo, algodão e também de uma pipeta automática. Ana *relatou* que o grupo ainda não havia definido qual a concentração do extrato a ser produzido. Fabiana *sugeriu* que se fizesse o extrato com as mesmas

concentrações dos extratos usados nos ensaios experimentais. Entretanto, Ana *identificou um problema*, havia pouca formiga para mais de um ensaio experimental. Diante dessa **justificativa pragmática**, Fabiana sugeriu fazer um extrato com a maior concentração. Eles passaram a produzir um extrato composto por cinquenta cravos para cinquenta mililitros de água.

No décimo segundo episódio, eles *fizeram testes* de aplicação do extrato na fórmica com algodão e com a pipeta. O teste com a pipeta automática foi realizado da seguinte forma: eles pipetavam uma gota sobre a fórmica e depois retiravam com a mesma pipeta o volume aplicado. Eles *avaliaram* que os dois procedimentos foram inadequados e optaram pela aplicação com um pincel. No episódio 13, eles aplicaram o extrato na fórmica com o pincel formando um grande retângulo. Os integrantes do grupo abanaram papéis para aumentar a ventilação e acelerar o processo de secagem do líquido. Eles também marcaram com uma lapiseira a área em que foi aplicado o extrato para facilitar a visualização e a identificação de quando as formigas atravessarem esse limite.

No décimo quarto episódio, eles iniciaram o primeiro ensaio experimental. Colocaram os insetos no centro da fórmica, *observaram e fizeram comentários avaliativos* acerca da movimentação e do comportamento das formigas. Rapidamente, as formigas começaram a atravessar a barreira. Alguns desses comentários ilustram o sentimento de frustração do grupo com os resultados obtidos.

Ana: É na sua casa vai ter que ser gotinhas ((de extrato))
(...)
Thiago: Engraçado/ então o que a gente pode//
Ana: É volátil
(...)
Thiago: Claramente não funcionou.

O grupo começou a discutir quanto ao prosseguimento da atividade. A discussão começou com *uma consulta de Ana* ao professor Márcio. Ela perguntou se era necessário repetir esse tipo de experimento. Ana afirmou que o grupo tinha pouca formiga, **uma justificativa pragmática** para não investir em uma repetição de um teste que oferecia um resultado que o grupo não

esperava encontrar. O professor Márcio concordou e, quando Thiago afirmou que o grupo teria que mudar alguns parâmetros, fez uma intervenção.

Professor Márcio: É tem que ver uma outra maneira/ mas tem que algo prático/ né(?) A sugestão de passar um pincelzinho é meio//

Ana: Ridícula.

Juan: Será que com álcool/às vezes/ faz solução de álcool com filtrado/

Professor Márcio: Mas o que acontece/ por exemplo/ imagina que você está lá na sua casa/ você vai passar um veja²⁸/ você não vai passar só em volta/

Ana: Você vai passar ((incompreensível)) todo/

Professor Márcio: Você ia fazer passar em tudo/

Fabiana: E se a gente colocar/ passar/ colocar elas ((as formigas)) do lado de lá ((um dos lados da fórmica)) e passar na metade/ para ver se elas//

Ana: Como é que é (?)

Fabiana: Passar na metade ((da fórmica))/ passar mesmo com um pano/ e soltar elas ((formigas)) na outra metade ((da fórmica sem o extrato))/ para ver se elas vem para cá ((para metade da fórmica com o extrato))//

Utilizando uma experiência cotidiana, o professor fez uma problematização sobre a forma como o extrato foi aplicado para o ensaio experimental. Ele avaliava a escolha do grupo como pouco funcional. Essa problematização inspirou Fabiana *propor um procedimento*: passar o extrato de cravo da Índia em uma metade da fórmica e esperar secar. Quando seco, eles deveriam liberar as formigas na metade em que não foi aplicado o extrato. Durante o experimento, o grupo deveria observar se as formigas evitariam ou não se deslocarem para a região com a substância investigada. Fabiana, apresentando uma **justificativa de senso comum**, afirmava que esse procedimento era mais adequado, pois simulava as condições em que as formigas se encontravam no ambiente doméstico.

Fabiana: Mas é uma opção que elas ((as formigas)) tem mesmo em casa/ elas ((as formigas)) podem ir para outro lado/ quanto podem vir para cá.

Diante da ausência da ação repelente do extrato aplicado, **uma justificativa empírica**, os alunos decidiram encerrar o ensaio experimental. Eles contaram as formigas que ficaram e *produziram os resultados*: em menos de dez minutos, quarenta e oito formigas atravessaram a barreira de extrato e três ficaram no centro da fórmica.

No episódio 15, eles *montaram o experimento* conforme sugerido por Fabiana. No décimo sexto episódio, *realizou o segundo ensaio experimental*.

²⁸ Nome comercial de um produto de limpeza.

Eles decidiram não matar as formigas, apenas *observar se as formigas* evitavam a região onde foi aplicado o extrato. Como elas não se mostravam repelidas e se movimentavam livremente sobre a fórmica, com o tempo, o grupo *avaliou os resultados* da seguinte forma.

Thiago: Tem que pensar//
Professor Márcio: Desse jeito//
Thiago: Porque que variou esse resultado/ que que faz ela funcionar em gotas/ e não funcionar em//
Ana: Acho que às vezes/ não olha só/ é volátil/
Thiago: É volátil/
Juan: É (!)
Thiago: mas como a gente pode
Ana: agora me fala uma coisa
Professor Márcio: Não/ mas para você tirar a prova dos nove/ Você tinha que fazer a gota e
Ana: Esperar ela secar
Professor Márcio: Esperar ela secar.

Thiago iniciou uma *problematização* para o grupo e para o professor: o que levava o extrato funcionar na sua forma líquida, como constatado na aula 7, e não apresentar ação repelente quando seco? Eles *concluíram que* a substância responsável pelo efeito repelente era volátil. O professor sugeriu deixar o extrato secar naturalmente para verificar a hipótese de volatilidade da substância.

Posteriormente, os integrantes do grupo discutiram qual seria o melhor dia para realizar o procedimento sugerido pelo professor. Diante das opções apresentadas pelos colegas de realizar os procedimentos na próxima semana, Ana *apresentou novamente o problema* para a obtenção das formigas. Ela afirmava que a coleta era trabalhosa e que o grupo já tinha um bom número de formigas. Diante da **justificativa pragmática**, o grupo definiu realizar o experimento na manhã do dia seguinte.

Thiago: Então beleza/ a gente vai esperar o resultado de amanhã para discutir o que a gente vai fazer/ ou já tem coisas que já dá para ser//
Ana: Mas agora o trabalho ficou bem sem sentido/ né (?) Depois que a gente viu que o rastro não dá certo/ tipo/ entendeu (?)
Fabiana: É o que a gente imaginava era você poder passar em algum lugar/ a pessoa não vai gotejar esse trem ((extrato de cravo))
Thiago: A gente pode pensar que a substância é volátil/ deve ter alguma maneira solidificá-la/ Não tem não (?)
Débora: Perfume/ perfume também um negócio como o fixador/
Thiago: É tem fixador/ estabilizador/
Ana: Oh gente (?) me fala uma coisa/ o nosso trabalho/ ele tem/ depende/ existem objetivos primários/ objetivos secundários/

Thiago: realmente/ colocar como perspectiva/

Com a definição do grupo, Thiago iniciou *uma discussão sobre os próximos passos do grupo*. Ana e Fabiana demonstraram um sentimento de frustração diante das evidências empíricas de que o extrato de cravo da Índia, quando seco, não apresentava ação repelente. Na afirmação de Ana, de que o trabalho tinha perdido o sentido, constata-se a importância da meta de produzir o repelente natural como motivo fulcral, mas não único, para a continuidade da atividade do grupo. Por isso, ainda se percebe a tentativa de lidar com o problema da ausência de ação repelente do extrato seco. Thiago *problematizou* quanto à possibilidade de solidificar o extrato, e Débora *propôs* o uso do fixador de perfumes como alternativa para a investigação.

No episódio 22, o grupo montou novamente o experimento com a aplicação de gotas de extrato no formato de um retângulo, mas o realizou apenas na manhã do dia seguinte.

Esses experimentos não foram acompanhados e nem filmados pelo pesquisador. Os seus resultados foram apresentados na próxima aula de comunicação, a décima terceira da disciplina.

Nesta aula, primeiramente, eles *descreveram os procedimentos e apresentaram os resultados dos dois ensaios experimentais* com extrato seco realizados no horário da aula. Nesses experimentos, eles observaram que as formigas não se mostraram afetadas e que *a hipótese do grupo* era que a substância pesquisada era volátil.

Então, no episódio 2, o grupo passou a *descrever os procedimentos e apresentar os resultados dos experimentos* realizados no dia seguinte na última aula de produção.

Ana: Aí o que a gente fez/ a gente pegou/ nesse mesmo dia/ fez igual o que a gente sempre faz colocou gotas com o extrato e deixou secar até o dia seguinte/ naturalmente/ em condições normais/ porque a gente ficava abanando/ ficava fazendo vento para secar/ aí no dia seguinte a gente pegou fez igual a gente sempre faz/ fez gotas e esperou secar/ aí no que a gente esperou secar chegou um pessoal de manhã cedo e fez o experimento/ todas passaram também/ aí a gente falou assim/ ah (!) De repente o tempo que a gente deixou foi muito grande/ aí desmanchou tudo

pingou de novo e esperou até o final da aula para ver se como que/ um intervalo menor de horas/ também todas passaram/
Patrícia: Aí a gente parou.

No dia posterior, eles realizaram dois experimentos com a aplicação do extrato em um grande retângulo e obtiveram resultados similares: o primeiro com extrato aplicado há mais de vinte horas, e o segundo respeitando um período menor entre a aplicação do extrato e o teste com as formigas. Nos dois experimentos, as formigas-fantasma atravessaram a barreira de extrato de cravo da Índia seco.

Então, os professores Márcio e Carlos fizeram sugestões para que os alunos pudessem lidar com o problema da volatilidade. Márcio retomou a sugestão do fixador dada no início da aula de produção anterior. Já professor Carlos indicou que, como as moléculas voláteis são hidrofóbicas, o grupo poderia utilizar um solvente de igual natureza. Ressalta-se que o professor não prosseguiu no desenvolvimento de sua ideia.

Professor Márcio: É/ fixador de perfume/ será que não dá (?) será que o cheiro não vai/ ou essa molécula volátil não vai ficar (?) Obviamente você tem que fazer o teste com o fixador/né (?) Para ver se/ não sei/ você quer um produto/não quer (?) Você quer uma coisa de/ que o negócio funcione/ fique lá o cheiro/ se for volátil/ se for isso/ que tá parecendo/ será que não tem um fixador/ não (?) eu não conheço um fixador não/ mas deve existir/
Professor Carlos: Essas moléculas voláteis são hidrofóbicas/ são pequenas hidrofóbicas/ talvez um solvente hidrofóbico pudesse segurar/ mas aí o problema que ele/ ele vai ter um material//

Quando todos os grupos encerraram as suas apresentações e foram dispensados, os alunos, sujeitos desta pesquisa, se reuniram para discutir e determinar as próximas etapas da atividade. Eles *passaram a considerar as recomendações dos professores*, e Thiago se responsabilizou pela compra do fixador de perfume. Com relação à utilização de um solvente hidrofóbico, eles especularam quanto ao uso do óleo mineral utilizado na produção do extrato de forma similar à água quando era produzido o extrato aquoso. Eles *consultaram o professor Carlos* sobre essa possibilidade.

Professor Carlos: É interessante/ eu até não progredi muito na ideia/ porque se você vai ter um óleo você vai ter uma barreira física lá/ alguma coisa
Ana: Ah entendi (!) Porque a água ela evapora/ mas se a gente passar uma camada de óleo/ teria que testar ver se ela passa/

O professor avaliava a ideia como interessante, mas percebia que o óleo poderia ser uma barreira física e influenciar o resultado. Ele sugeriu que o grupo realizasse um teste controle com uma camada de óleo. O grupo decidiu realizar os ensaios experimentais com extrato produzidos com o uso de fixador e também de óleo mineral. Essa decisão se pautou em uma **justificativa pragmática**, eles teriam na próxima semana mais uma aula de produção. Ela se pautou também na possível natureza da substância, uma **justificativa conceitual**, o eugenol seria hidrofóbico, portanto, havia a possibilidade de extraí-lo com o óleo.

Na última aula de produção, a décima quarta da disciplina, o grupo preparou os extratos de cravo da Índia com óleo mineral e com o fixador. No episódio 2, Ana *informou ao professor* que os experimentos seriam realizados no dia seguinte, devido a **justificativas pragmáticas**, pois eles deveriam esperar os extratos secar naturalmente e também porque nesse dia contavam com poucas formigas.

Nesse episódio, Débora solicitou esclarecimentos a Ana do porquê de o grupo utilizar o óleo mineral na produção do extrato de cravo da Índia. Ana e Patrícia utilizaram uma **justificativa conceitual** para o uso do óleo mineral, pois, segundo o professor Carlos, a substância pesquisada é hidrofóbica. Isso permitiria ao grupo *postular a hipótese* de que o extrato de cravo da Índia produzido com óleo poderia ter uma ação repelente mais estável.

Com a chegada do fixador trazido por Thiago, no episódio 7 e 9, eles iniciaram a preparação dos extratos. Entretanto, o grupo não tinha informações precisa relacionadas à utilização do fixador. Eles *consultaram o professor Carlos e a vendedora da loja* em que Thiago comprou o produto. No episódio 8, o professor sugeriu produzir o extrato de forma intuitiva. Thiago realizou uma ligação telefônica e voltou com a informação sobre a utilização do fixador na produção de perfumes.

Thiago: Conversei com ela ((a vendedora da loja de perfumes))/ ela não sabe nada da composição ((do fixador))/ deu outro telefone para eu ligar/
Ana: Mas o que que ela falou (?) a gente não precisa saber a composição agora/ pode saber a composição depois/

Thiago: Mas é o seguinte/ ele/ ela/ para a utilização ela só sabe para perfume/ ela pega para cada cem ml de óleo de cereais/ mais trinta mls de essência ela joga dez ml disso ((fixador)) aqui/

Ana: Aí então/ Olha só então se a gente colocar dez ml ((de fixador)) vai tá ótimo/

Thiago: Agora é o que falou ela usa o líquido/ né/ ela falou que é hidrossolúvel/ que ela dilui na água/ mas ela dilui em óleo também/ óleo de cereais/ que ela usa/ ela pega óleo de cereais/ a essência/ e isso aqui ((fixador))

Ana: então se a gente colocar dez ml((de fixador))/ é suficiente/ é um tanto razoável/

Thiago: É/ só que tem que ter alguma outra coisa/ ((incompreensível)) solubilidade/ só isso aqui ((incompreensível))/ igual o que ela falou são cem ((mililitros)) de óleo/ mais trinta ((mililitros)) de essência/ mais dez ((mililitros)) de fixador/ óleo diluiu a essência/e fixador fixa/

Ana: Tudo bem/ você acha que devia colocar menos então/

Thiago: Não/ a gente coloca/ talvez até mais água/ vamos colocar cinquenta de água normal/ mais dez disso ((fixador))/

Thiago informou que o fixador é hidrossolúvel e que na produção de perfumes são usados cem mililitros de óleo de cereais, trinta de essência e dez mililitros de fixador. Ana *propôs* colocar dez mililitros de fixador em cinquenta mililitros de água.

A sugestão foi acatada pelo grupo que produziu os dois extratos e os aplicou simultaneamente na forma de gotas sobre a fórmica em um grande retângulo. Em dois lados da fórmica foi aplicado o extrato com o fixador, e nos outros dois lados o extrato a base de óleo. Essa configuração foi adotada a partir de uma **justificativa pragmática**, pois o grupo queria diminuir o tempo gasto com o experimento. O ensaio experimental foi realizado na manhã do dia seguinte, e não foi acompanhado pelo pesquisador. O resultado do experimento foi registrado da seguinte forma no relatório de atividades:

a.9. “Depois de inseridas as formigas dentro da área e passados os 10 minutos, do total de 50 formigas, 25 saíram pelo lado do fixador e 2 através do óleo. Os resultados, em especial, o obtido pelo extrato cravo + óleo mineral, foi muito satisfatório, porém devido ao pouco tempo para a realização do projeto, esse teste não pôde ser repetido, impedindo uma conclusão mais concreta.”

Esse trecho do relatório de atividades traz uma avaliação positiva do experimento. Essa avaliação sinalizou que eles tinham uma **justificativa empírica** para continuar investindo na utilização de substâncias fixadoras e na extração com óleo. Afinal, um número considerável de formigas não atravessou a barreira. Entretanto, uma **justificativa pragmática**, o semestre se encerrava

e as aulas de produção não mais aconteceriam. Dessa forma, o grupo optou por apresentar as suas impressões sobre os resultados da investigação, no relatório, como um problema ainda aberto e sujeito a novos estudos. O conjunto de processos de tomada de decisão relacionados à estabilidade da ação repelente do extrato de cravo da Índia estão registrados no quadro 19.

QUADRO 19

Quadro-síntese do processo de tomada de decisão relacionadas a estabilidade do extrato de cravo da Índia

Problema	Fontes de informações	Ação	Operações epistêmicas	Tipo de Justificativa
Estabilidade do efeito repelente	Aula 5 (laboratório)	Realização do quarto ensaio experimental	Observar Avaliar procedimento Propor procedimento Problematizar Levantamento de hipótese Definir procedimento	Empírica
	Aula 6 (sala de aula)	Descrição dos procedimentos dos ensaios experimentais	Descrever procedimentos	
		Estabelecimento de procedimentos da investigação	Apresentar variável da pesquisa	Pragmática
	Aula 7 (laboratório)	Realização de ensaio experimental	Observar Avaliar Obter dados Levantar hipótese Problematizar	Empírica
	Aula 8 (laboratório)	Realização do terceiro ensaio experimental	Apresentar resultados Usar dados da investigação	Empírica
	Aula 10 (laboratório)	Discussão sobre os procedimentos da investigação	Apresentar alternativas Apresentar hipótese Apresentar conclusão Usar dados da investigação	Empírica
	Aula 12 (laboratório)	Relato ao professor	Descrever procedimentos Propor procedimentos Lidar com situação problema	Pragmática
		Realização do primeiro ensaio experimental	Observar Avaliar Propor procedimento Produzir resultados	Pragmática Senso comum
		Realização do segundo ensaio experimental	Observar Avaliar Problematizar Concluir Lidar com situação problemática Propor alternativa	Empírica

	Aula 13 (sala de aula)	Discussão sobre as limitações da investigação	Descrever procedimentos Apresentar resultados	Empírica
		Discussão sobre os procedimentos da investigação	Propor procedimentos Consultar ao professor	Empírica Pragmática Conceitual
	Aula 14 (laboratório)	Discussão sobre os procedimentos da investigação	Relatar informações Solicitar informações Apresentar hipótese	Pragmática Conceitual
		Preparo da investigação	Consultar especialista Propor procedimento	
		Preparação para a investigação	Montar experimento	Pragmática
Relatório de atividades	Apresentação de procedimentos e resultados	Descrever procedimentos Apresentar resultados Avaliar	Empírica Conceitual	

4.3.5. Um olhar sobre as tomadas de decisão do grupo: a utilização do extrato do cravo da índia.

O conjunto de processos de tomada de decisão sobre a utilização do extrato de cravo da índia nos ensaios experimentais abrangeu um grande período da disciplina. É interessante notar que, com exceção da variável concentração, as outras variáveis passaram a ser consideradas pelo grupo a partir do episódio 23 da aula 5, que é o episódio no qual os alunos realizavam o seu primeiro experimento bem sucedido. Naquele momento, eles se certificavam da ação repelente do cravo da índia, o que trazia segurança ao grupo para o desenvolvimento da sua atividade de investigação que se relacionava com a obtenção de um produto final: a produção do repelente natural. Na busca por esse resultado, o grupo se manteve ativo em discussões que resultaram em decisões, desde o episódio supracitado até a última aula de produção, a décima quarta da disciplina. Há de se ressaltar, novamente, que essa atitude do grupo atendia às expectativas dos professores de que a disciplina favoreça uma postura ativa na busca de alternativas para solução dos problemas enfrentados.

Ao longo da atividade, percebe-se que todas as decisões do grupo são fundamentadas em justificativas que ora estavam relacionadas à obtenção de um repelente que poderia ser aplicado nas residências – um motivo que

extrapolava a própria disciplina escolar – ora se associavam à geração de resultados que poderiam ser utilizados na produção dos trabalhos da disciplina – um motivo escolar. No confronto entre as justificativas, o grupo desenvolveu a sua atividade que evidencia as contradições que parecem marcar o processo de escolarização das atividades científicas. Essas contradições se relacionam a três fatores: o tempo da disciplina, o nível de aprendizado dos alunos e as condições materiais do laboratório.

Com relação ao tempo, como esperado, existe uma grande diferença entre o tempo disponível para uma disciplina ou um conjunto de aulas dedicado a uma atividade investigativa escolar e o tempo necessário para construção do conhecimento científico. Em situações reais, os cientistas dedicam muitas horas a um estudo específico de um problema ou questão. Esse estudo, dependendo da sua importância e das suas exigências, pode ser o principal compromisso do cientista, que resulta em grande disponibilidade para as ações de investigação que poderão levar à solução do problema estudado. No caso da disciplina, os alunos tiveram um período limitado para se dedicarem à atividade investigativa: um semestre. No semestre em questão, as aulas começaram com três semanas de atraso. Além disso, apenas algumas horas da semana eram dedicadas às atividades da disciplina. Como alunos de um curso de graduação, eles ainda dividiam a atenção com outras disciplinas e compromissos. Tais circunstâncias trouxeram limitações ao grupo investigado, pois parece que as escolhas do óleo e do fixador de perfume indiciavam boas perspectivas para a resolução do problema da estabilidade do efeito repelente. O fato de que essas alternativas apareceram apenas nas últimas aulas implicou que o grupo não tivesse tempo para trabalhá-las adequadamente. No entanto, a dedicação do grupo ao problema resultou em várias iniciativas dos alunos que foram produzidas fora dos horários da disciplina. Assim, os alunos executaram várias das ações relacionadas ao projeto, por exemplo, a busca pelo fixador, a consulta sobre o eugenol e a própria captura das formigas em outros horários que não os destinados à disciplina. Isso evidencia que o grupo, para além do compromisso, tinha um outro motivo para investir tanto na sua busca: a procura de um repelente que pudesse ser aplicado domesticamente.

A questão do nível de aprendizado dos alunos está diretamente associada ao tempo disponível e ao nível de investimento do grupo. A disciplina é um ambiente para aprendizagem e para a vivência de operações epistêmicas que são necessárias para o desenvolvimento do trabalho dos grupos. Portanto, durante a investigação do grupo estudado, parte do tempo da disciplina foi utilizado para o aprendizado de procedimentos básicos, mas necessários para a continuidade da atividade, como preparo do extrato e montagem do experimento, a utilização da estatísticas, etc. Esses procedimentos foram não apenas aprendidos no sentido de um conhecimento de origem conceitual, mas internalizados como operações epistêmicas que puderam ser desenvolvidas de forma automática, e isso requereu tempo e investimento do grupo. Esse argumento não nega ou desconhece que os laboratórios dos centros de pesquisa são ambientes de aprendizagem contínua, onde o nível de treinamento dos cientistas é muito maior do que os dos alunos da disciplina, mas reconhece a disciplina como uma instância de vivência e aprendizagem de operações epistêmicas mais significativas do que disciplinas de conteúdo experimental feitas de uma maneira tradicional.

Outra contradição se refere às condições materiais disponibilizadas pelo laboratório da disciplina. Conforme informação do professor Carlos²⁹, constatada pelo autor desta tese, o laboratório da disciplina possui equipamentos e insumos que vão além daqueles encontrados em laboratórios escolares, mas que se distanciam dos que são encontrados nos laboratórios de bioquímica. Isso não impediu que a materialidade oferecida propiciasse ao grupo investigado empreender iniciativas de construção do conhecimento científico escolar mais sofisticadas. Entretanto, alguns procedimentos mais elaborados, como o isolamento do pigmento, não foram realizados devido à ausência de equipamentos e substâncias para a execução.

O peso dessas contradições pode ser mensurado pela forma como os resultados são registrados no artigo, que é um dos elementos exigidos para a aprovação na disciplina. A figura 9 delinea as possibilidades ponderadas e

²⁹ Vide entrevista do Professor Carlos na subseção 3.2.2.

testadas pelo grupo, a partir da evidência de que o cravo da Índia tinha capacidade de repelir as formigas-fantasma. De forma similar às figuras 7 e 8, a figura 9 também ilustra o movimento discursivo do processo de tomada de decisão, no caso, as que se referem à utilização do extrato. Diferente das figuras 7 e 8, que resultaram apenas em procedimentos experimentais registrados na seção “Métodos e Procedimentos” do artigo dos alunos, essa figura traz os resultados dos diferentes testes que foram registrados no artigo.

O artigo evidenciou a importância das justificativas empíricas para a seleção dos resultados que poderiam ser apresentados. Isso permite ressaltar que outro objetivo da disciplina foi alcançado, pois os alunos perceberam e atribuíram valor aos dados empíricos para a construção do conhecimento escolar.

Nesse trabalho escrito, os procedimentos e resultados associados à variável concentração são apresentados como os principais, o estudo que deu “certo”, segundo a avaliação do grupo. Os resultados são avaliados como aqueles que foram produzidos em condições controladas e padronizadas e, portanto, são identificados como validados. Inclusive, nas apresentações da pesquisa, os resultados obtidos a partir dos extratos com concentração diferentes (100% e 25%) e o resultado com o teste com água são sempre apresentados para sustentar as afirmações do grupo.

Com relação à estabilidade do efeito repelente, o grupo registrou no artigo os resultados do ensaio experimental com o extrato guardado por mais de uma semana e do teste com os extratos com óleo e com o fixador. O resultado desse primeiro teste é apresentado como uma evidência da estabilidade do ação repelente do extrato de cravo da Índia na sua forma líquida. Já o teste com os dois extratos – óleo e fixador – é registrado como uma possibilidade de estudo, uma perspectiva futura, já que o grupo realizou apenas um ensaio experimental, o que não assegurava uma conclusão mais fundamentada.

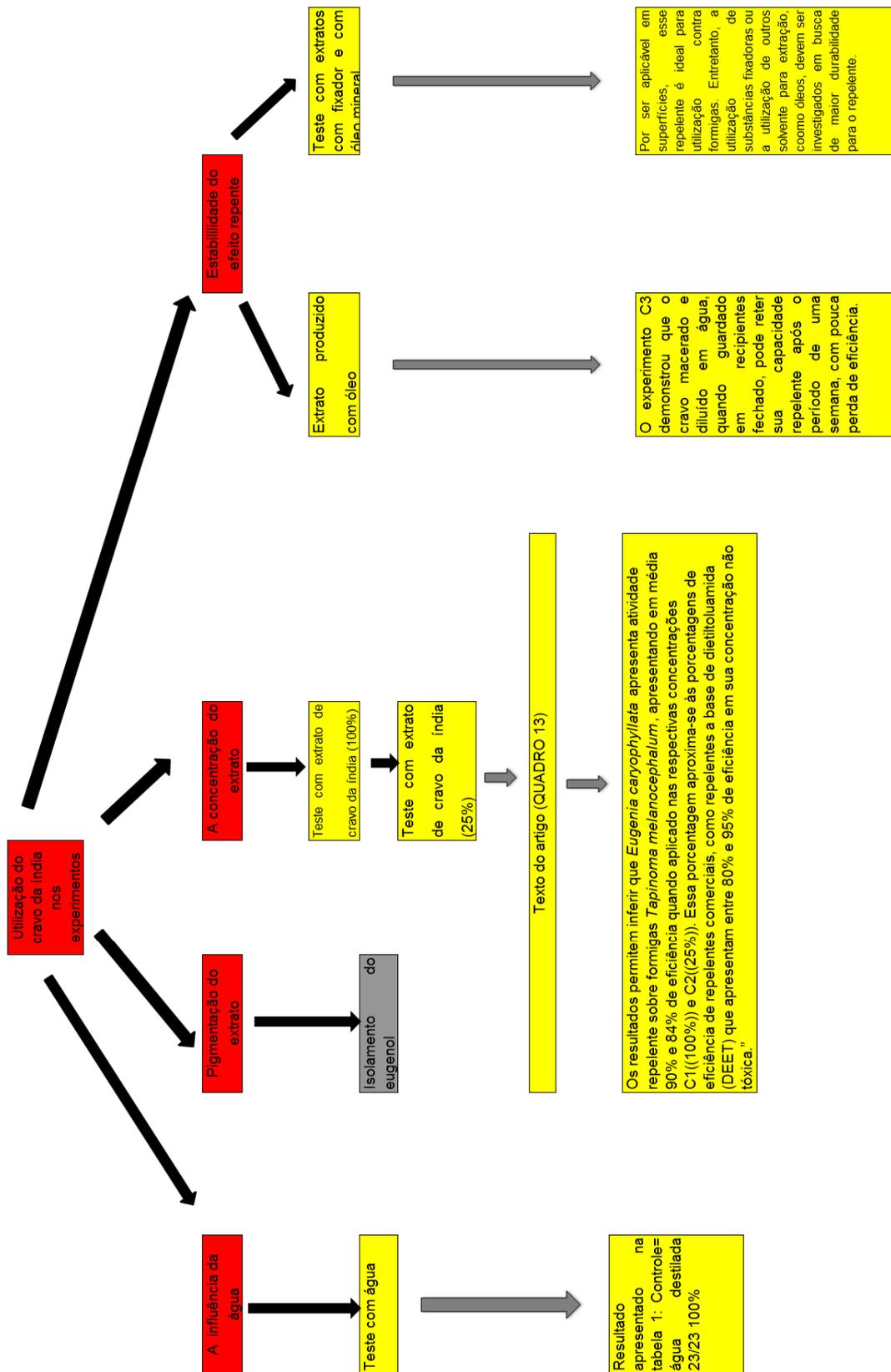


Figura 9: Diagrama dos processos de tomada de decisão sobre os procedimentos de utilização do extrato de cravo da Índia.

Nesse conjunto de tomadas de decisão relacionadas à utilização do extrato de cravo da Índia, um ponto importante a ser destacado são as frustrações do grupo, que, aos poucos, percebeu que não conseguiria produzir o repelente natural. As frustrações do grupo se associam às variáveis coloração e a estabilidade da ação repelente do extrato de cravo da Índia. As variáveis estão diretamente relacionadas à escolha do cravo da Índia, como artefato da atividade, pois, principalmente em termos de coloração, o extrato de cebolinha parecia que não traria o problema de manchar superfícies. Observa-se, porém, que as discussões relacionadas a essas variáveis propiciaram o acesso a conceitos básicos da bioquímica como: volatilidade, óleo, hidrofobia, pigmentação, etc.

Esses conceitos também fundamentaram justificativas, orientando as escolhas dos alunos para alternativas como a utilização do óleo mineral e do fixador na produção do extrato; ou ao abandono do investimento no estudo da coloração que estava relacionada ao pigmento (eugenol) que também era responsável pela ação repelente. A utilização de conceitos e princípios básicos da bioquímica é um fato esperado pelos professores da disciplina. Cientes das condições oferecidas pela disciplina e do tempo de dedicação dos alunos, conforme enunciado na entrevista, o professor Carlos avalia que essa pequena e básica mobilização de conhecimentos da bioquímica é ainda maior do que a que ocorre nas aulas práticas tradicionais.

Com relação às diferenças entre as aulas de produção e as aulas de comunicação, nota-se o mesmo padrão observado nas duas seções anteriores, ou seja, no conjunto de tomadas de decisão relacionadas à utilização do extrato de cravo da Índia. As aulas de produção são marcadas por uma maior diversidade de operações epistêmicas do que as aulas de comunicação. As aulas de comunicação são marcadas pelas operações epistêmicas de descrição dos procedimentos, apresentação dos resultados, apresentação de informações da bibliografia, apresentação de situação problemática, apresentação de variável de pesquisa e apresentação de avaliação. Já as aulas de produção são marcadas por operações epistêmicas, como a observação e a obtenção de dados, a problematização, a identificação de

variáveis, o levantamento de hipóteses, a avaliação de resultados, a avaliação de procedimentos e a conclusão, assim como lidar com situação problemática e solicitação de informações, relatar a colegas, consultar professor e especialistas, usar dados da investigação, propor alternativas, propor procedimentos, descrever procedimentos e apresentar hipóteses.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como ponto de partida o interesse por realizar um estudo das práticas epistêmicas em ambientes de aprendizagem que promovem atividades investigativas. Esse interesse foi fomentado por meio do contato e da reflexão acerca de trabalhos realizados por membros do grupo de pesquisas “Linguagem e Cognição nas Salas de Aula de Ciências” (SILVA, 2008, SILVA e MORTIMER, 2009, ARAÚJO, 2008, ARAÚJO e MORTIMER, 2009, LIMA-TAVARES, 2009, LIMA-TAVARES et al, 2009). Além disso, alguns educadores (KELLY e DUSCHL, 2002, KELLY, 2005, SANDOVAL, 2005, JIMENEZ-ALEIXANDRE et al, 2008) indicam que as práticas epistêmicas se apresentavam como instrumentos valiosos para estudos de aprendizagem científica.

Os primeiros trabalhos do grupo de pesquisa que empregaram as práticas epistêmicas como um dos instrumentos de análise da dinâmica discursiva investigaram salas de aulas do ensino médio de química e de biologia. Para tanto, as pesquisadoras desenvolveram um sistema de categorias analíticas para identificar as práticas epistêmicas a partir dos enunciados de alunos, quando envolvidos em atividade de ensino de ciências. As análises trouxeram contribuições para o entendimento de como os professores podem criar oportunidades de acesso às práticas epistêmicas nas aulas de ciências e também sobre como essas práticas são mobilizadas em situações argumentativas e quando são realizados trabalhos práticos.

Diante das evidências trazidas pelas análises anteriores e também acompanhando um movimento característico deste grupo de pesquisa, que é o aprimoramento contínuo das ferramentas metodológicas, a investigação apresentada nesta tese se dedicou ao estudo das práticas epistêmicas para análise de uma disciplina da educação superior que promove atividades investigativas. Nesse estudo, percebe-se que o ambiente de aprendizagem analisado - a disciplina Projetos de Bioquímica - e os referenciais teóricos e metodológicos empregados – os estudos epistemológicos da educação em ciências, os estudos da sociologia das ciências e da Teoria da Atividade -

contribuíram para maior entendimento dos processos de aprendizagem científica. A pesquisa de uma disciplina que tem por objetivo levar o aluno a realizar projetos de investigação permitiu analisar as práticas epistêmicas num processo de ensino que privilegiou a dimensão epistêmica da ciência, enquanto que nos trabalhos anteriores essa dimensão ocorria apenas ocasionalmente ou como um objetivo secundário. O uso da teoria da atividade permitiu a redefinição das próprias práticas epistêmicas como operações epistêmicas, assunto ao qual retorna-se nestas considerações finais.

Ao longo desse trabalho procurou-se investigar o seguinte problema de pesquisa: **O que se aprende e como se aprende quando se vivencia uma atividade de investigação oportunizada pela disciplina Projetos de Bioquímica?**

Esse problema foi desdobrado em 4 questões de pesquisa:

1. Qual é o projeto de ensino de ciências por investigação da disciplina Projetos em Bioquímica?
2. Como se estrutura e se desenvolve a atividade de ensino por investigação analisada e como essa estrutura e desenvolvimento possibilita o aprendizagem dos alunos ?
3. Ao longo da atividade de investigação, como se configuram os processos de tomada de decisão do grupo?
4. Que tipos de operações epistêmicas emergem nas situações de produção e comunicação do conhecimento na atividade de investigação?

Em relação à primeira questão, percebe-se que o projeto do grupo de professores da disciplina tem por objetivo a formação de pesquisadores com uma postura ativa, criativa e de permanente busca de soluções originais para problemas de pesquisa. Os professores também esperam que a disciplina propicie uma compreensão da importância da relação entre teoria e experimento na área de bioquímica, destacando a produção de resultados empíricos precisos e confiáveis para o estabelecimento de explicações para os

fenômenos biológicos. Além disso, acredita-se que essas atividades investigativas possam mobilizar conceitos e princípios de pesquisa da bioquímica, ainda que básicos. Segundo os professores, essa mobilização promovida pelos projetos de investigação é mais intensa e significativa do que a gerada pelos trabalhos práticos quando conduzidos por roteiros fechados.

Os professores reconhecem os limites de se fazer um projeto de investigação dentro de uma disciplina escolar, o que determina a sua forma de avaliar os resultados apresentados pelos grupos. Um exemplo desse reconhecimento é a avaliação apresentada pelo professor Márcio ao grupo investigado no dia da apresentação dos banners. Na avaliação, ele destacou que o envolvimento do grupo com a atividade não se limitou apenas ao estudo da presença da ação repelente do cravo sobre a formiga-fantasma. No entanto, o que se constatou na análise do artigo apresentado é que os alunos se restringiram, como aconteceria numa atividade científica, aos resultados que deram certo, eliminando todas as partes que deram errado no seu experimento. Como bons aprendizes das práticas científicas, na produção do artigo eles apagaram as referências históricas e contextuais que delimitaram e determinaram a sua atividade científica.

Na análise da atividade do grupo o que se percebe é o que os alunos, sujeitos desta pesquisa, se mostraram extremamente envolvidos com o seu objeto de investigação. Eles apostaram não somente na aprovação na disciplina, mas também na produção de um repelente natural. Essa motivação dupla deu um grande dinamismo à atividade do grupo e lhe propiciou diversas aprendizagens no enfrentamento das dificuldades para obtenção dos resultados. Por causa dessa dupla motivação eles se envolveram tanto na produção de resultados confiáveis para os trabalhos da disciplina, quanto na busca de soluções para os problemas diversos na produção de um repelente natural, por exemplo, a influência da água, a concentração limite do extrato, a coloração do extrato e a estabilidade do efeito repelente.

Os resultados obtidos nas aulas 8, 9 e 11 com os testes de concentração (100% e 25%) do extrato de cravo da índia e com água foram

recebidos com satisfação pelo grupo. Esses dados trouxeram tranquilidade de que possibilitariam a confecção do artigo e do banner, produtos que se relacionam a uma imposição externa dos professores, mas que precisavam ser produzidos para aprovação da disciplina. No entanto, destaca-se que a impossibilidade de produzir o repelente natural foi causa de frustração para os alunos. Inclusive, eles chegaram a avaliar, a partir da ausência desse resultado da investigação, que o projeto de investigação tinha perdido o seu sentido. Um sentido que nasceu e foi compartilhado pelo grupo, desde o projeto de pesquisa até a última aula de produção da disciplina, a décima quarta, na qual os alunos ainda testaram alternativas, como o fixador e o óleo, com a esperança de conferir estabilidade à ação repelente do extrato de cravo da Índia.

A tensão entre um motivo escolar e um motivo mais amplo, que permeou a atividade do grupo, possibilitou também uma discussão sobre as contradições dos processos de escolarização das práticas científicas. A disciplina Projetos em Bioquímica oferece uma oportunidade de aprendizagem científica muito mais sofisticada do que as que são propiciadas em ambientes mais tradicionais, mas, como seria esperado, as atividades que são desenvolvidas pelos alunos se distanciam das atividades dos laboratórios de pesquisa. Portanto, muitas das decisões do grupo, e possivelmente a não obtenção do repelente natural, estão relacionadas a fatores como o tempo da disciplina, o nível de aprendizado dos alunos e as condições materiais do laboratório. Por outro lado e em comparação com as atividades práticas realizadas em laboratórios escolares, que muitas vezes se restringem ao período de uma ou duas aulas, a disciplina investigada oferece um ganho considerável no tempo e na materialidade para execução de uma atividade investigativa escolar. Ao propiciar um trabalho prático que se estende por um semestre e em um laboratório escolar mais equipado, a disciplina permite maior engajamento com os problemas de pesquisa em um trabalho mais aprofundado e duradouro, com a possibilidade de aprendizagem e vivência de operações epistêmicas necessárias para o desenvolvimento da investigação.

Como já mencionado nessa seção, os professores reconhecem as contradições e enfrentam as dificuldades. Nesse sentido, eles acompanham e orientam de perto as atividades dos grupos e criam alternativas para ajudar nas soluções dos problemas propostos ou enfrentados. Entre as alternativas propostas destacam-se a possibilidade de realização de procedimento em outros laboratórios do departamento e o livre acesso ao laboratório da disciplina nos mais diversos horários.

Em relação à segunda questão, nesse estudo foi possível descrever e analisar a estrutura da disciplina e da atividade do grupo de alunos, sujeitos desta pesquisa. A análise propiciou um produtivo diálogo entre os referenciais da sociologia da ciência utilizados e a teoria da atividade. Esse diálogo permitiu considerar as especificidades da disciplina, já que a sua organização traz configuração diferenciada ao estabelecer uma distinção entre aulas de comunicação e aulas de produção do conhecimento científico. Em Magnusson et al (2006), encontra-se a defesa de que um ambiente de aprendizagem que pretende favorecer a aprendizagem do discurso e de práticas científicas deve criar momentos distintos para o engajamento físico e intelectual com os afazeres da bancada e deve estimular a conversação sobre a investigação. Nesse sentido, pode-se entender que o aprender ciências está relacionado ao aprendizado da linguagem científica e à participação em processos discursivos da ciência.

Caminhando nessa direção, a disciplina Projeto em Bioquímica não restringe os alunos à execução de tarefas manuais e de bancada. Eles têm que propor procedimentos experimentais para testar hipóteses que surgem no trabalho, tomar decisões que permitam o desenvolvimento das ações de investigação, refletir sobre os obstáculos enfrentados, sejam de ordem material ou conceitual e produzir e avaliar resultados empíricos. Aliado a esse conjunto de ações que acontecem enquanto produção do conhecimento na bancada, a disciplina exige o exercício de comunicação do conhecimento científico, que implica na divulgação das informações do projeto para a toda a turma, a descrição dos procedimentos, a apresentação e a avaliação de hipóteses das variáveis a serem consideradas e dos resultados empíricos. Essa forma de

organizar a disciplina traz uma maior proximidade da realidade que tenta simular, já que na atividade científica as instâncias de produção, comunicação e avaliação são bem delimitadas.

Reconhecer a organização da disciplina foi importante para o processo de adaptação do modelo do sistema-atividade que foi utilizado para representar e analisar a atividade do grupo. Nesse processo de reestruturação do modelo, foi possível incorporar as ações de produção, comunicação e avaliação do conhecimento como elementos da atividade. Além disso, foi possível o reconhecimento das práticas epistêmicas como operações epistêmicas, isto é, meios para se executar uma ação de produção, comunicação e avaliação.

Por meio deste trabalho procurou-se deixar claro como essas operações se constituem como parte da aprendizagem dos alunos. Ao aprender a fazer um procedimento de investigação, por exemplo, testar se as formigas-fantasma atravessam ou não uma barreira constituída por gotas contendo a substância repelente, os alunos têm que mobilizar uma série de conhecimentos para decidir qual o melhor caminho a ser seguido neste processo. Depois que o caminho é aprendido, há ainda a etapa de tornar o conjunto de práticas epistêmicas mobilizadas em operações epistêmicas. Em outras palavras, um conjunto de procedimentos que o aluno tem que fazer com cuidado e atenção, e que dessa maneira se constituem em uma finalidade das ações realizadas, se torna, com o tempo e com a prática, um conjunto de procedimentos que são realizados automaticamente e que se transforma, dessa forma, em meio para responder às questões de pesquisa. Na disciplina e na atividade do grupo, esse processo de transformação das ações em operações epistêmicas ocorreu tanto mediado pela orientação dos professores, como o caso do aprendizado do uso de ferramentas estatísticas, quanto pelo exercício dos procedimentos que vão se tornando rotineiros ao longo da investigação.

Ao postular que as práticas epistêmicas se relacionam ao nível das operações da atividade humana, foi superado o problema de sobreposição das categorias de produção, comunicação e avaliação do conhecimento científico, evidenciado nos trabalhos anteriores do grupo, e que traziam dúvidas ao

processo de categorização das práticas epistêmicas. A noção de operações epistêmicas não impõe limites à sua mobilização. Afinal, uma ação de produção do conhecimento, como a realização de um ensaio experimental, pode suscitar a avaliação de um procedimento ou considerações sobre as limitações da investigação, que são operações epistêmicas de natureza avaliativa.

Com relação à terceira questão de pesquisa, ela emergiu do exame dos dados e foi ganhando corpo e importância na medida em que o trabalho de análise foi se desenvolvendo. Os processos de tomada de decisão, tornaram-se então um dos focos de análise devido à constatação de que a atividade do grupo, sujeito desta pesquisa, era repleta de discussões sobre os procedimentos da investigação. Nessas discussões, os alunos tiveram que deliberar a partir de diferentes justificativas a respeito dos procedimentos mais apropriados para a condução dos experimentos. As discussões do grupo se relacionaram aos procedimentos de captura, armazenamento e manipulação das formigas, à escolha da espécie vegetal a ser estudada e à utilização do extrato de cravo da Índia com o objetivo de obter um repelente natural.

Além dos vídeos da aula, o artigo produzido pelos alunos foi utilizado como um material para o estudo. O que se observa é que, neste artigo, o grupo procura não fazer referências às tomadas de decisão vivenciadas pelo grupo na condução do trabalho investigativo. Como se espera de um produto destinado à instância de comunicação, que deve ser submetido à avaliação das autoridades do conhecimento científico, no caso, os professores da disciplina, o texto do artigo está permeado de elementos que caracterizam a linguagem científica (HALLIDAY e MARTIN, 1993 e MORTIMER, 2010). Entre as características a serem destacadas ressalta-se o uso de grupos nominais com alta densidade léxica que qualificam os objetos descritos, além da ausência do sujeito, marcada por frases na voz passiva. Destaca-se ainda uma preocupação ou valorização na apresentação de resultados dos experimentos que deram “certo” e que foram produzidos seguindo os princípios de credibilidade e legitimidade que norteiam a pesquisa científica tais como exatidão, sistematicidade, testabilidade, entre outros.

No conjunto de tomada de decisões relacionadas aos procedimentos de captura, armazenamento e manipulação das formigas, são percebidas, como já foi comentado, um maior número de justificativas de natureza pragmática, como a disponibilidade de captura das formigas na casa de um dos integrantes, a impossibilidade de montar a colônia de formigas no tempo da disciplina, ou ainda, a limitação trazida pelo uso do aquário que implicaria na realização de um teste por dia. Isso pode estar relacionado ao fato de que, como estavam no início da investigação, os alunos consideravam as condições de produção, em termos materiais e do tempo disponível, oferecidas pela disciplina e também pelo reconhecimento das características das formigas. Contudo, ao longo da atividade de investigação, as justificativas empíricas passam a ficar mais presentes, indicando a contribuição dos ensaios experimentais e das discussões que o acompanham para o desenvolvimento dos procedimentos da investigação. Nessas discussões, os alunos utilizaram dados da investigação, como a constatação de que as formigas não saíam do aquário, para substituí-lo por embalagens plásticas. Outro dado utilizado foi a verificação de certa letargia das formigas para descartar o processo de resfriamento desses insetos.

Já a questão da escolha da espécie vegetal, que envolveu decisões entre a continuidade da investigação com cebolinha ou a sua substituição pelo cravo da Índia, evidencia a importância das justificativas de senso comum e das justificativas empíricas. As duas opções levantadas são oriundas do conhecimento tradicional: a cebolinha estava relacionada à informação do uso desse cultivar como estratégia de prevenção às formigas nas hortas e canteiros; e o cravo estava associado à experiência cotidiana de um dos integrantes, que usava a especiaria para afastar formigas de bolos. A verificação da ausência de ação repelente da cebolinha é o primeiro momento de frustração do grupo na atividade, que, entretanto, foi superado rapidamente pela constatação de que o cravo da Índia repelia as formigas-fantasma. Essa troca de artefatos mediadores trouxe alteração na questão de pesquisa inicial do grupo, que passou a ser a possibilidade de verificação da propriedade repelente do extrato de cravo da Índia. Apesar desse conjunto de tomada de

decisões, se verifica que houve uma supressão total de referências à utilização da cebolinha no artigo que foi produzido como fruto da investigação. Foi verificado também que os dados do primeiro experimento bem sucedido com o extrato de cravo da Índia passou a se constituir como um fato (LATOURE e WOOLGAR, 1997), ou seja, como um conhecimento verdadeiro que trouxe segurança para o grupo investir no aprimoramento da investigação.

O aprimoramento da investigação se relaciona ao último conjunto de tomada de decisão sobre a utilização do extrato de cravo da Índia nos experimentos. Essas discussões se relacionavam à meta de produção de um repelente natural, que já foi identificado como um motivo mais amplo que o motivo escolar de aprovação da disciplina. O motivo não escolar, além do maior dinamismo que deu à investigação, já apontado, permitiu ao grupo examinar diferentes variáveis que são importantes na produção de um produto que afaste as formigas e que tenha uma ação prolongada, não manchando as superfícies em que foi aplicado. As variáveis estudadas pelo grupo foram: a influência da água, a cor do extrato, a concentração do líquido e a estabilidade do efeito repelente. Consequentemente, ao se motivar autenticamente pela investigação de um repelente natural, o grupo teve um grande acréscimo nas oportunidades de aprendizagem.

Nesse sentido, a análise das discussões do grupo, que se voltam para os microprocessos do cotidiano da investigação, forneceram uma visão sobre os elementos históricos e sociais e, com isso, permitiram ressaltar aspectos que norteiam as negociações engendradas no curso da investigação, tais como: o tempo da disciplina, nível de aprendizado e de interesse dos alunos e as condições materiais oferecidas. O estudo permitiu conhecer, por meio da identificação dos diferentes tipos de justificativas (senso comum, conceitual, pragmática e empírica), como foram modificadas convicções e como foram valorizados determinados tipos de enunciados.

O exame dos processos de tomada de decisão do grupo propiciaram também o enfrentamento da quarta questão de pesquisa que se relaciona à utilização das operações epistêmicas nas aulas de produção e nas aulas de

comunicação. Como era esperado, na disciplina Projetos de Bioquímica e na atividade do grupo, há uma grande mobilização de operações epistêmicas, aspecto que está relacionado tanto às estratégias de incentivo de construção do conhecimento científico escolar por meio de projetos de pesquisa quanto ao envolvimento do grupo com o problema estudado.

Outra expectativa desta pesquisa que foi confirmada é que nas aulas de produção do conhecimento emergem uma maior diversidade de operações epistêmicas do que nas aulas de comunicação e que os diferentes tipos de aulas favorecem a mobilização de operações epistêmicas específicas. Então, nas aulas de produção, que são caracterizadas pela presença dos artefatos mediadores e pela possibilidade de trabalho com as formigas que permitem simular a imprevisibilidade da atividade científica, foram observadas operações epistêmicas que estavam relacionadas aos procedimentos dos ensaios experimentais, como observação, obtenção de dados, conclusão e avaliação. A partir das contradições do que era planejado ou esperado pelo grupo e do que foi obtido nos ensaios experimentais, os alunos empregaram outras operações epistêmicas, como proposição de alternativas, proposição de procedimentos, levantamento de hipóteses, problematização, identificação de limitações do experimento, identificação de variáveis, discussão sobre procedimentos, utilização de conhecimentos tradicionais, utilização de informações conceituais, utilização de dados da investigação, etc.

Nas aulas de comunicação, definidas pelos professores como oportunidades de reflexão e diálogo para a promoção de um aprendizado a partir dos desafios, dificuldades e soluções encontradas entre os grupos, foram identificadas operações epistêmicas como apresentação da questão de pesquisa, apresentação de hipótese, descrição de procedimentos, apresentação de resultados, apresentação de avaliação ou conclusão do experimento. Nessas aulas, pôde ser evidenciado, na apresentação do grupo investigado, uma preocupação com a coerência e uma intenção de favorecer a compreensão dos ouvintes em relação aos procedimentos e aos resultados da investigação. As informações eram sempre apresentadas nos primeiros episódios a partir de turnos de fala extensos e que descreviam as etapas da

atividade do grupo de uma forma temporal e linear. Pôde-se constatar também, nessas apresentações, um cuidado em delimitar as condições de produção e de apresentar os dados obtidos nos ensaios experimentais para sustentar as informações fornecidas à turma e aos professores.

É interessante ressaltar que a questão sobre as operações epistêmicas foi a que iniciou esta pesquisa de doutorado. Ela motivou a seleção da disciplina investigada e dos referenciais teóricos desta tese, no entanto, aos poucos, ela foi subsumida à análise dos processos de tomada de decisão. A tese traz contribuições para a compreensão dessa dimensão da aprendizagem como: a sua identificação enquanto operações epistêmicas, a explicitação da possibilidade de transformações das ações de investigação em operações epistêmicas e a distinção entre as operações epistêmicas que emergem nas aulas de produção e de comunicação.

Entretanto, ainda fica por responder a questão de como a vivência destas operações contribuem para a aprendizagem científica. A busca de respostas para a questão e as que possam derivar de seu desdobramento, talvez passem por novas pesquisas que poderiam acompanhar a mesma disciplina. Uma possibilidade de variação interessante é o contraste de projetos de investigação que tenham níveis de complexidade ou origens diferentes, pois existe a hipótese de que as operações epistêmicas devem variar também segundo a natureza do problema pesquisado. Outra possibilidade é estudar as ações de investigação de alunos de iniciação científica nos laboratórios de pesquisa para acompanhar o processo de surgimento e mobilização de operações epistêmicas em uma situação de aprendizado em que quase não são observados episódios deliberados de ensino. Esse tipo de estudo também poderia ser realizado contrastando processos de iniciação científica de diferentes áreas do conhecimento, por exemplo, por meio do acompanhamento de um aluno da ecologia e outro da biologia molecular.

Finalmente, argumenta-se que com o trabalho apresentado nesta tese são oferecidas contribuições significativas para futuros estudos sobre aprendizagem epistêmica. A iniciativa de se promover um diálogo entre os

referenciais teóricos aqui apresentados, uma sugestão de Kelly (2005), se revelou extremamente positiva. Ela municiou o autor desta tese de instrumentos de análise que permitiram compreender como o envolvimento em um atividade investigativa propiciada pela disciplina Projeto em Bioquímica promoveu diferentes aprendizagens, motivações e desafios que não são encontrados em ambientes de ensino de ciências mais tradicionais.

Além disso, a análise trouxe elementos que demonstram a complexidade e a tensão inerente aos processos de escolarização das práticas científicas. Essas informações são essenciais para entender os fatores que influenciam, moldam e engendram os processos de ensino de ciências por meio de atividades investigativas. Esse conhecimento pode ser muito útil para os professores que desejam oportunidades para os estudantes participarem, compartilharem e vivenciarem práticas semelhantes as que são encontradas nos laboratórios das ciências naturais.

Considera-se ainda que esse estudo atende a uma expectativa do grupo de professores responsável pela cadeira Projetos em Bioquímica. Eles necessitavam de uma avaliação dos processos de ensino e aprendizagem da disciplina. Com esta tese, acredita-se que eles encontram subsídios para uma reflexão sobre a história, a dinâmica, os limites e os potenciais dessa experiência didática. Os professores passam a contar com mais um indicador da contribuição da disciplina na formação de biólogos mais inquisitivos perante aos fenômenos da natureza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAAS (1990). Science for all americans: project 2061. New York: Oxford University Press.

ACEVEDO, J.A. Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2005.

ANDERSON, R. D. Reforming science teaching: what research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, v.13, n1. p-1-12. 2002

ARAÚJO, A. de O. 2008. O uso do tempo e das práticas epistêmicas em aulas práticas de química. 141f. Dissertação (mestrado em Educação) Faculdade de Educação – UFMG, Minas Gerais.

ARAÚJO, A.O. ; MORTIMER, E. F. . As práticas epistêmicas e suas relações com os tipos de texto que circulam em aulas práticas de química. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009, Florianópolis. Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte : Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - ABRAPEC, 2009. p. 01-12.

ASBAHR, F. da S. F. A pesquisa sobre a atividade pedagógica: contribuições da teoria da atividade. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, nº 29, Mai/Jun/Jul/Ago 2005, p. 108-119.

AZEVEDO, M. C. P. S. de. Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de Aula. Carvalho, A M P de In *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*. Editora Thomson, 2004, 19-33p.

BADDREDINI, Z. ; BUTY, C. ; NASCIMENTO, S S do . Análise temática e análise de discurso em sala de aula de ciências:utilização do software transana. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis. Caderno de Resumos VI ENPEC. Florianópolis : ABRAPEC, 2007. v. 1.

BARROW, L. H. A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, v.17, n.3, p.265-278, 2006.

BRAIT, B. As Vozes Bakhtinianas e o diálogo inconcluso . In: BARROS, D.L.P.; FIORIN, J.L.(orgs.) *Dialogismo, polifonia, intertextualidade*. 2ª ed. São Paulo: EDUSP, 2003. p.11 a 27.

BRONCKART, J. P. Atividade de linguagem, textos e discursos – por um interacionismo sóciodiscursivo. São Paulo: Educ, 1999.

BYBEE, R.W. Scientific inquiry and science teaching. IN: FLICK, L.D., LEDERMAN, N. G. *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning and teacher education*. Netherlands: Springer, 2006. p. 1-14.

CEDRO, W. L. 2004. O espaço de aprendizagem e a atividade de ensino: O clube de matemática. 242f. Dissertação (mestrado em educação) Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo (SP)

CHALMERS, A. F. O que é ciência afinal? Traduzido por Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1983.p.224

CHINN, C; MALHOTRA, B.A. Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86. 2002. 175-218.

DEBOER, George. Historical perspectives on inquiry teaching in schools. IN: FLICK, L.D., LEDERMAN, N. G. *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning and teacher education*. Netherlands: Springer, 2006. p. IX-XVIII.

DOW, P. Why inquiry? A historical and philosophical commentary. In: *National Science Foundation Inquiry: Thoughts, and Strategies for the K-5 Classroom*, FOUNDATIONS: v 2, 2005.

DRIVER, Rosalind; ASOKO, Hilary; LEACH, John; MORTIMER, Eduardo; SCOTT, Philip. Construindo conhecimento científico na sala de aula. *Química nova na escola*, n.9, p. 31-40, maio de 1999.

DUARTE, Newton. A teoria da atividade como uma abordagem para a pesquisa em educação. *Perspectiva*, Florianópolis, v. 21, nº 2, jul./dez, 2002, p. 229-301.

DUSCHL, R. Epistemic, and Social Learning Goals Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual. *Review of research in education* 2008; 32; 268-291

ENGESTRÖM, Y. Non scolae sed vitae discimus: como superar a encapsulação da aprendizagem escolar. In: DANIELS, H. *Uma Introdução a Vygotsky*. Traduzido por Marcos Bagno. Edições Loyola, São Paulo, Brasil, 2002. p.175 a 198.

ENGESTRÖM, Y. Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research, 1987 (Helsinki, Orienta-Konsultit). Versão online, disponível em: <http://lchc.ucsd.edu/MCA/Paper/Engestrom/expanding/toc.htm>. Último acesso 14/11/2010.

ENGESTRÖM, Y. & MIETTINEN R. Introduction. In: Y. ENGESTRÖM, R.MIETTINEN & R-L.PUNAMÄKI (Eds) *Perspectives on Activity Theory*, Cambridge University Press, Cambridge, 1999. p.1a16

ENGESTRÖM, Y. Expansive Learning at work: toward and activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*. 14(1), 2001.

ENGELS, F. *A dialética da natureza*.- Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1976. 238p

ENGLE, R. A.; CONANT, F. R.. Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: explaining an emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Instruction*, v. 20, p. 399–484, 2002.

FARIA, A. F. 2008. Engajamento de Estudantes em Atividade de Investigação: Estudo em Aula de Física do Ensino Médio . 129f. Dissertação (mestrado em Educação). Faculdade de Educação – UFMG, Minas Gerais

FLICK, L.D., LEDERMAN, N. G. Introduction. IN: FLICK, L.D., LEDERMAN, N. G. Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning and teacher education. Netherlands: Springer, 2006. p. 17-36.

GRANDY, Richard; DUSCHL, Richard A. Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Analysis of a Conference. Science & Education, v.16, p.141-166, 2007.

HALLIDAY, M.A.K; MARTIN, J. R. Writing Science: Literacy e discursive power. London: The Falmer Press, 1992. cap.9, p.166-202

HERNÁNDEZ, F. et al. Aprendendo com as inovações nas escolas. Porto Alegre: Artmed, 2000.

HOFFER, B.K., PINTRICH, P.R. Personal epistemology: the psychology of beliefs about knowledge and knowing. Lawrence Elbaum Associates. 2002. 430p

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE M. P., MORTIMER E. F., SILVA A. C. T., DÍAZ J. Epistemic Practices: na analytical framework for science classrooms. Paper presented to AERA, New York City, março 2008.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. A argumentação sobre questões sócio-científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula. Educação em revista, n. 43, p.13-33. Jun. 2006.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BUSTAMANTE, J. D. Construction et justification des saviors scientifiques: rapports entre argumentation et pratiques épistémiques (no prelo)

JULIO, J.M. 191f. Física e masculinidades: microanálise de atividades de investigação na escola. Tese (doutorado em Educação) Faculdade de Educação – UFMG, Minas Gerais

KAWASAKI, T.F. 2008 Tecnologias na sala de aula de matemática : Resistência e mudanças na formação continuada de professores. 212f. Tese (doutorado em Educação) Faculdade de Educação – UFMG, Minas Gerais

KELLY, G. J. Epistemology and Educational Research.. In: GREEN, Judith L., CAMILLI, Gregory, ELMORE, Patricia B. Handbook of complementary methods in education research. Washington: Lawrence Elbaum Associates. 2008. P.33-55

KELLY, G. J. Inquiry, activity and epistemic practice. IN: Inquiry Conference on Developing a Consensus Research Agenda, 16-18 de fevereiro de 2005, New Brunswick, New Jersey, EUA.

KELLY, G. J., REGEV J., and PROTHERO W. Assessing Lines of Evidence with Argumentation Analysis. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching Dallas TX, April 4-7, 2005

KELLY, G. J.; DUSCHL, R A. Toward a research agenda for epistemological studies in science education. IN: Annual meeting of the National association for research in Science Education, abril de 2002, Nova Orleans, Louisiana, EUA.

KELLY, G.J., BAZERMANN, C. How Students Argue Scientific Claims: A rhetorical-Semantic Analysis. *Applied Linguistics*, v.24, n.1, 28-55. 2003

KELLY, G. J., TAKAO, A. Epistemic levels in argument: an analysis of university geology students' use of evidence in writing. *Science Education*. 86: 314-342, 2002

KELLY, G. J, CHEN, C. The sound of music: Constructing science as sociocultural practices through oral and written discourse. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 36, 883– 915, 1999.

KELLY, G.J., CHEN, C, CRAWFORD, T. Methodological considerations for Studying Science-in-the-making in Education Settings. *Research in Science Education*, v.28, n.1, 23-49. 1998.

KELLY, G.J., CRAWFORD, T. An Ethnographic Investigation of the discourse processes of School Science. *Science Education*, v81 n5 p533-59 Sep 1997

KRASILCHIK. M. Reformas e Realidade: o caso do ensino de ciências. *São Paulo em Perspectiva*, v. 14, n.1, p. 85-93, 2000.

LATOUR, B. *Ciência em Ação* – Editora Unesp, São Paulo, S.P.; 2000.

LATOUR, B., WOOLGAR, S., 1997. *A vida de laboratório: a construção dos fatos científicos*. Relume-Dumará. Rio de Janeiro, 310 p.

LEONTIEV, A.N. *O desenvolvimento do psiquismo*. Traduzido por Rubens Eduardo Frias. São Paulo: Centauro. 2004.p.356

LEONTIEV, A. N. Uma contribuição à Teoria do desenvolvimento da Psique Infantil. Traduzido por Maria da Penha Villalobos. In: VYGOTSKY, L.S. LURIA. A.R. LEONTIEV.A.N *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo: Ícone Editora.1994. 59-84

LEONTIEV, A. The Problem of Activity in Psychology. In: *The Concept of Activity in Soviet Psychology*, J.V. Wertsch, ed., M.E. Sharpe Inc., New York, 1981. pp. 37-71.

LIBANEO, José Carlos. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov. *Rev. Bras. Educ.*, Rio de Janeiro, n. 27, Dec. 2004 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-24782004000300002&lng=en&nrm=iso>. access on 23 Nov. 2010. doi: 10.1590/S1413-24782004000300002.

LIMA, M. E. C., SILVA, N.S. Estudando os plásticos: tratamento de problemas autênticos no ensino de química. *Química nova na escola*, n.5, p. 06-10, maio de 1997.

LIMA-TAVARES, M. 2009. *Argumentação em sala de aula de biologia sobre a teoria sintética da evolução*. 252f. Tese (doutorado em Educação) Faculdade de Educação – UFMG, Minas Gerais.

- LIMA-TAVARES, M., JIMENEZ-ALEIXANDRE, M.P., MORTIMER, E.F. Articulation of Conceptual Knowledge and Argumentation Practices by High School Students in Evolution Problems. *Science Education*. v. 19, p. 573-598, 2010.
- LINCOLN, Y.S., GUBA, E.G. *Naturalistic inquiry*. Beverly Hills, Sage Publication, 1985.
- LURIA, A. R. Vygostky. Traduzido por Maria da Penha Villalobos. In: VYGOSTKY, L.S. LURIA, A.R. LEONTIEV.A.N *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo: Ícone Editora.1994. 21-38
- MAGNUSSON, S. J., PALINCSAR, A. S. Community, culture, and conversation in inquiry based science instruction. IN: FLICK, L.D., LEDERMAN, N. G. *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning and teacher education*. Netherlands: Springer, 2006. p. 17-36.
- MARTINS, J B. *Vygotsky & a Educação*. Belo Horizonte: Autêntica, 2005.
- MARX. K. *Teses sobre Feuerbach*. Os Pensadores. São Paulo: Nova Cultural, 1987.
- MIGUEL, L.R., VIDEIRA, A.A.P. A distinção entre os “contextos” da descoberta e da justificação à luz da interação entre a unidade da ciência e a integridade do cientista: o exemplo de William Whewell. *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 33-48, jan | jun 2011
- MOREIRA, A. F. ; PONTELO, I. . Níveis de engajamento em uma atividade prática de física com aquisição automática de dados. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 09, p. 1/6-12, 2009
- MORTIMER, E. F. . As chamas e os critais revisitados: estabelecendo diálogos entre a linguagem científica e a linguagem cotidiana no ensino das Ciências da natureza. In: SANTOS; Wildson Luiz P. dos, MALDANER Otávio Aloisio. (Org.). *Ensino de Química em Foco*. 1 ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2010, v. 1, p. 181-207.
- MORTIMER, E MASSICAME, T BUTY, C & TIBERGHEN, A. Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de ciências. In: NARDI, R. *A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras Editora, 2007. p.53 a 94.
- MORTIMER, Eduardo F., SCOTT, P *Meaning making in secondary science classrooms*.Maidenhead: Open University Press, 2003. p141.
- MORTIMER, E. F. *Sobre Chamas e Cristais: A Linguagem Científica, A Linguagem Cotidiana e O Ensino de Ciências*. CIÊNCIA, ÉTICA E CULTURA NA EDUCAÇÃO. 1 ed. SÃO LEOPOLDO: UNISINOS, 1998, v. , p. 099-118
- MUNFORD, Danusa, LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro. *Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?* *Revista Ensaio*. V 7, n.1. 2007.
- National Reseach Council. *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press, 2000.

National Research Council (1996). National Science Education Standards. Washington, National Academy Press.

OLIVEIRA, M.A. Estudos de laboratório no ensino médio a partir de Bruno Latour. *Educação e Realidade*. V. 31,n.1. 163-182. 2006.

PONTELO, I. 2009. Sistemas automáticos de aquisição e tratamento de dados em atividades práticas de física: um estudo de dois casos na iniciação científica júnior. 141f. Dissertação (mestrado em Educação Tecnológica) Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG

REVELES, J.M., KELLY, G.J., DÚRAN, R.P. A sociocultural perspective on mediated activity in third grade science. *Cult. Scie. Edu.*1:467–495. 2007.

RODRIGUES, B. A. 2008. O Ensino de Ciências por Investigação em Escolas da Rede Pública. 197f. Dissertação (mestrado em Educação). Faculdade de Educação – UFMG, Minas Gerais.

RODRIGUES, B. A. ; BORGES, A. T. . O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. In: XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2008, Curitiba.

ROTH, Wolff-Michael. *Authentic School Science: Knowing and Learning in open-inquiry science laboratories*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 1995. 296p

ROTH, Wolff-Michael. Activity Theory in education: an Introduction. In: *Mind, Culture and Activity*, 11 (1), 2004, 1-8.

SÁ, E. F. 2009. Discursos de professores sobre ensino de ciências por investigação. 202f. Tese (doutorado em Educação). Faculdade de Educação – UFMG, Minas Gerais.

SANDOVAL, W. A. Understanding students' practical epistemologies and their Influence on learning through inquiry. *Science Education* 89: p. 634– 656. 2005.

SANDOVAL, W. A; REISER, B. J. Explanation-driven inquiry: integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*. 88: 345-372, 2004.

SANDOVAL, W. A., MORRISON, K. High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 40 n.4, p.369 – 392. 2003.

SANDOVAL, W.A, BELL, P. COLEMAN, E, ENYEDY, N. SUTHERS, D. Designing Knowledge Representations for Learning Epistemic Practices of Science Position paper for an interactive symposium of the same name, presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, April 25, 2000.

SCHEIL, D., ORLANDI, A.S. Ensino de ciências por investigação. São Paulo: Editora Compacta.2009. p.160.

SILVA, A.C.T. ; MORTIMER, E. F. . Aspectos Epistêmicos das Estratégias Enunciativas em uma Sala de Aula de Química. Química Nova na Escola, v. 31, p. 104-112, 2009.

SILVA, A. C T. 2008. Estratégias Enunciativas em Salas de Aulas de Química: Contrastando professores de estilos diferentes. 353f. Tese (doutorado em Educação) Faculdade de Educação – UFMG, Minas Gerais.

SMOLKA, A. L. B. O (im)próprio e o (im)pertinente na apropriação das práticas sociais. Cad. CEDES, Campinas, v. 20, n. 50, abr. 2000.

TAKAO, A.Y., KELLY, G.K. Assessment of Evidence in University Students' Scientific Writing. Science & Education 12: 341–363, 2003.

TAVARES, L., DALRI, J. RODRIGUES, A., MATTOS, C. A reorganização da atividade na mudança de contextos: um olhar para as classes hospitalares. XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF 2009 – VITÓRIA, ES.

TRÓPIA, G. 2009. Relações dos alunos com o aprender no ensino de biologia por atividades investigativas. 202f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica– UFSC, Santa Catarina.

TRÓPIA, G. Um panorama da produção acadêmica sobre a prática de ensinar ciências por atividades de investigação científica no ENPEC.. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009, Florianópolis. Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte : Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - ABRAPEC, 2009. p. 01-12.

VEER, R van der, VALSINER, J. Vygotsky: uma síntese. Traduzido por Cecília C. Bartalotti. São Paulo : Unimarco; Loyola, 2001. 479p.

VIEIRA, L. Q., NICOLI, J. R., PRADO, V. F., et al. Abordagem Prática Para o Ensino de Bioquímica Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular Biblioteca Digital de Ciências, Artigo 7, Edição 01/2001, 01 jan. 2001. Disponível em: <<http://www.ib.unicamp.br/lte/bdc/visualizarMaterial.php?idMaterial=94>>. Acesso em: 02 dez. 2011.

VILLANI, C.E. P. 2007. O papel das atividades experimentais na educação em ciências: análise da ontogênese dos dados empíricos nas práticas discursivas no laboratório didático de física do ensino superior. 167f. Tese (doutorado em Educação) Faculdade de Educação – UFMG, Minas Gerais.

VYGOSTKY, L. S. A Formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

VYGOSTKY, L. S. Pensamento e linguagem. Traduzido por Jéferson Luiz Camargo. 5ª reimpressão. São Paulo: Editora Martins Fontes, 1995. p. 135.

VYGOSTKY, L. S. Sign and Activity. *The concept of activity in Soviet Psychology*, J.V. Wertsch, ed., M.E. Sharpe Inc., New York, 1981. pp. 241-255

WERTSCH, J.V.; TULVISTE, P.L.S. Vygotsky e a psicologia evolutiva contemporânea. In: DANIELS, H. (Org.). Uma introdução a Vygotsky. São Paulo: Loyola, 2002.

WERTSCH, J. Voces de la mente: um enfoque sociocultural para el estudio de la Accion mediada. Traduzido para o espanhol por Adriana Silvestri. Madri: Aprendizaje Visor. 1991. 185p.

WERTSCH, J. Vygostky y la formacion social de la mente. Traduzido para o espanhol por Javier Zanón e Montserrat Cortés. Barcelona: Ediciones Paidós. 1988. P.264

WERTSCH, J. The concept of activity in Soviet Psychology; an introduction, in: The concept of activity in Soviet Psychology, J.V. Wertsch, ed., M.E. Sharpe Inc., New York, 1981. p. 3-36.

ZINCHENKO, V. P. A psicologia histórico-cultural e a teoria psicológica da atividade: retrospectos e prospectos. In: WERSTCH, J. V. , DEL RIO, ALVAREZ, A. Estudos socioculturais da mente. Traduzido por Maria das graças Gomes Paiva e Andre Rossano Teixeira Camargo. Porto Alegre: ArtMed, 1998. p.41-55.

ANEXOS

ANEXO 1:

CARTA PARA OBTENÇÃO DO CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PESQUISAS (estudantes e professores)

Caro(a) Senhor(a) _____

Eu, Fábio Augusto Rodrigues e Silva, doutorando em educação, portador do CPF, 02698481692 RG MG7662259, estabelecido(a) na Rua Itambé do Mato Dentro 106 , CEP 30882-670, na cidade de Belo Horizonte, cujo telefone de contato é (31) 96042205 ou (31) 34763419, vou desenvolver uma pesquisa cujo título é A DINÂMICA DISCURSIVA NAS AULAS DO CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS: UM ESTUDO SOBRE AS PRÁTICAS EPISTÊMICAS E A APRENDIZAGEM CIENTÍFICA EM UM AMBIENTE DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO. Essa pesquisa está sendo desenvolvida dentro das normas e resoluções do Ministério da Saúde e da ANVISA por meio da Resolução 196/96 que trata de todos os aspectos relativos à ética em pesquisa

O objetivo deste estudo é investigar as características e determinantes das práticas epistêmicas desenvolvidas pelos alunos em salas de aula de graduação na UFMG em atividades de investigação.

Para tanto, estamos convidando o(a) Senhor(a) a participar desta pesquisa cujos dados serão obtidos por meio de filmagens das aulas da disciplina “Projeto em Bioquímica” nos momentos em que serão realizadas atividades de investigação e de apresentações do andamento do trabalho dos alunos. Essas filmagens têm como propósito registrar as ações e as interações discursivas de professores e estudantes. Será feita também a análise dos trabalhos produzidos ao longo da disciplina. Um outro procedimento que poderá ser adotado é a realização de entrevistas que serão filmadas para posterior análise.

Sua participação nesta pesquisa é voluntária e não implicará qualquer risco ou desconforto. Ela não trará qualquer benefício direto mas pode contribuir para que os pesquisadores conheçam melhor o contexto de desenvolvimento de práticas de natureza científica escolar por parte dos alunos em situações de aprendizagem denominadas de ensino por investigação e com isso fornecer elementos para o planejamento de intervenções educativas mais significativas.

Não existe outra forma de obter dados com relação ao procedimento em questão e que possa ser mais vantajoso.

Informo que o Sr(a). tem a garantia de acesso, em qualquer etapa do estudo, sobre qualquer esclarecimento de eventuais dúvidas. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética da Universidade Federal de Minas Gerais- Av. Antônio Carlos, 6627 Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005 Campus Pampulha Belo Horizonte, MG - Brasil 31270-901: (31) 3409-4592

Também é garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na instituição.

Garanto que as informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros entrevistados , não sendo divulgado a identificação de nenhum dos participantes.

O Sr(a). tem o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas e caso seja solicitado, darei todas as informações que solicitar.

Não existirá despesas ou compensações pessoais para o participante em qualquer fase do estudo. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Eu me comprometo a utilizar os dados coletados somente para pesquisa e os resultados serão ser veiculados através de artigos científicos em revistas especializadas e/ou em encontros científicos e congressos, sem nunca tornar possível sua identificação.

Anexo está o consentimento livre e esclarecido para ser assinado caso não tenha ficado qualquer dúvida.

Todos os participantes receberão uma cópia assinada deste formulário de consentimento.

ANEXO 2:

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, como indivíduo dessa pesquisa, afirmo que fui devidamente orientado (a) e esclarecido (a) sobre o objetivo e a finalidade da pesquisa, os procedimentos a serem realizados, bem como a utilização dos dados nela obtidos. Esses dados poderão ser utilizados para a pesquisa e para publicações posteriores, desde que a confidencialidade seja garantida. Por isso aceito participar das atividades da pesquisa intitulada A DINÂMICA DISCURSIVA NAS AULAS DO CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS: UM ESTUDO SOBRE AS PRÁTICAS EPISTÊMICAS E A APRENDIZAGEM CIENTÍFICA EM UM AMBIENTE DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO.

Assinatura do participante _____

Data: ____/____/____.

Telefone:

Email:

Assinatura do pesquisador _____

Data: ____/____/____.

**Eduardo F Mortimer **

*Faculdade de Educação - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG;) Belo Horizonte
- MG*

Tel 91835858

mortimer@netuno.lcc.ufmg.br / www.fae.ufmg.br/posgrad/mortimer

*** Fábio Augusto Rodrigues e Silva*

Biólogo Especialista em Ensino de Ciências

Mestre em Educação

Doutorando em Educação

Rua Itambé do Mato Dentro – Serrano.

Belo Horizonte – MG CEP: 30882-670

Telefone: 31-3476 3419 Cel: 31-9604 2205

fabio.silva@metodistademinas.edu.br

Comitê de Ética da Universidade Federal de Minas Gerais- Av. Antônio Carlos, 6627 Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005 Campus Pampulha Belo Horizonte, MG - Brasil 31270-901: (31) 3409-4592. email: coep@prpq.ufmg.br

ANEXO 3 : Descrição das aulas das aulas da disciplina

Aula 3

A aula 3, a primeira que foi filmada, durou uma hora, dois minutos e trinta e quatro segundos. Ela consistiu em uma aula de apresentação do andamento de projeto, portanto um momento de comunicação desta atividade. Como ainda os grupos não haviam desenvolvido tarefas experimentais, as apresentações dos projetos foram similares as que ocorreram na aula 1. Nessa aula, o professor Carlos estava ausente, e esse momento foi orientado e acompanhado pelos professores Márcio e Vilma.

Cada grupo se dirigiu a frente da sala, apresentou o seu projeto e foi questionado pelos professores Márcio e Vilma. O grupo de interesse dessa pesquisa foi o quinto e último grupo a se apresentar. Nessa apresentação que durou treze minutos e vinte seis segundos, a ação complexa do grupo consistiu na apresentação do projeto de pesquisa com o objetivo de informar sobre a questão de pesquisa, as hipóteses e os procedimentos planejados pela pesquisa. Para atingir esse objetivo, eles realizaram mais oito ações que permitiram dividir a aula em oito episódios.

No primeiro episódio, eles apresentaram a questão de pesquisa e os procedimentos planejados para investigação. A metodologia do grupo consistiria na produção e na aplicação de um extrato aquoso em uma região formando um retângulo. No centro desse retângulo, eram colocadas as formigas e o grupo observava a movimentação dos insetos. O segundo episódio teve início com um questionamento do professor Márcio, e para esclarecê-lo eles descreveram algumas das características das formigas-fantasmas. No terceiro episódio, também respondendo a um questionamento do professor, eles descreveram os procedimentos de captura e armazenamento das formigas. No quarto episódio, o grupo descreveu os procedimentos pensados para os experimentos.

A partir da intervenção de outros colegas da turma, teve início o quinto episódio com uma discussão sobre os procedimentos de captura e

manipulação das formigas com a utilização de iscas externas. Nessa discussão, o grupo escutou e avaliou refutando a maioria das sugestões apresentadas. No sexto episódio, os professores fizeram sugestões o grupo que ficou em postura mais passiva, ouvindo as alternativas apresentadas. A professora Vilma indicou vários procedimentos: a colocação de iscas, a criação de um fosso e a aplicação de silicone ou fita adesiva para evitar a fuga de formigas e o resfriamento das formigas. Como será destacado no capítulo 4, parte dessas sugestões da professora Vilma foi acatada pelo grupo e gerou alguns problemas nas aulas posteriores. O professor Márcio recomendou que os testes com manipulação das formigas deveria ser realizado com urgência.

No sétimo episódio, o grupo apresentou a justificativa da escolha da espécie de formiga e a opção pelo investimento na produção de um repelente natural para ambientes domésticos. No final dessa aula, o oitavo episódio, os colegas de outros grupos tentaram retomar a altercação sobre a necessidade da isca, com o grupo argumentando contra as sugestões dadas, mas a discussão não se sustentou devido ao encerramento da apresentação.

Nessa aula, percebe-se que o grupo se encontrava convicto de que a cebolinha apresentaria efeito repelente sobre a formiga-fantasma, representando um fato que seria comprovado sem grandes dificuldades. Nota-se também que alguns dos procedimentos da investigação que serão adotados pelo grupo já estão definidos. Essa convicção do efeito repelente e definição dos procedimentos parece se relacionar ao processo de construção do projeto no semestre anterior, fato que foi não acompanhado por este pesquisador. Destaca-se que os procedimentos planejados sofreram poucas alterações ao longo do semestre e a metodologia do trabalho do grupo foi praticamente a que foi apresentada nesta aula 3. Já a hipótese inicial e a questão de pesquisa do grupo não resistiu aos primeiros ensaios experimentais.

Quadro 1

Sequência de ações do grupo analisado na primeira aula de apresentação dos projetos.

Episódios	Duração	Ações do grupo	Objetivo
1	0:46:43 a 0:48:44	Apresentação do Projeto de Pesquisa	Apresentar para professores e para o restante da turma os objetos, a questão de pesquisa e os procedimentos da investigação
2	0:48:44 a 0:49:02	Descrição das formigas-fantasmas	Apresentar características das formigas fantasma ao professor
3	0:49:02 a 0:50:14	Descrição dos procedimentos para obtenção e manipulação de formigas	Evidenciar as dificuldades para a obtenção das formigas
4	0:50:14 a 0:53:14	Descrição do design do experimento	Apresentar o design inicial do experimento esclarecendo dúvidas dos professores
5	0:53:14 a 0:56:15	Discussão sobre os procedimentos de captura e manipulação das formigas	Avaliar as sugestões dos colegas sobre a captura e manipulação das formigas
6	0:56:15 a 0:59:51	Audição de contribuições dos professores	Escutar as contribuições dos professores para o desenvolvimento do projeto
7	0:59:51 a 1:00:20	Justificação sobre o objetivo do projeto	Evidenciar a contribuição prática do objetivo do projeto
8	1:00:20 a 1:02:26	Discussão sobre os procedimentos de captura e manipulação das formigas	Avaliar as sugestões dos colegas sobre a captura e manipulação das formigas

Aula 4

Essa aula, que foi acompanhada pela professora Vilma, é a primeira da disciplina em que foram realizados ensaios experimentais. As ações do grupo transcorreram em um período que durou uma hora, trinta e três minutos e quarenta e sete segundos. Nessa aula, o objetivo principal dos alunos era realizar ensaios experimentais para verificar se a cebolinha tem propriedade repelente sobre a formiga-fantasma. A hipótese de que esse vegetal apresentava tal propriedade era dada como praticamente certa pelo grupo. Para executar essa ação, o grupo se envolveu em vários processos que permitiram identificar vinte e oito episódios.

No primeiro momento, estavam presentes Thiago, Juan, Ana e Fabiana. Na bancada pôde ser observado o aquário contendo terra, guardanapos e formigas-fantasma em grande quantidade e um pedaço de fórmica. As alunas Débora e Juliana foram buscar a cebolinha e demoraram em torno de dezenove minutos para chegar com esse material. A aluna Patrícia não foi à aula.

Em vários momentos da aula, principalmente nos episódios 5, 7, 12 e 27, mas não apenas neles, a professora se aproximou da bancada do grupo e questionou sobre diferentes informações acerca dos procedimentos da investigação, os resultados obtidos e, em algumas vezes, fez intervenções e apresentou orientações, principalmente sobre a manipulação das formigas.

Os primeiros episódios dessa aula, os episódios 1, 2, 4, 6, 8, 10, 11, 14 são marcados por um primeiro contato do grupo com as formigas-fantasma no laboratório. Os alunos presentes observaram as características morfológicas e comportamentais das formigas realizando alguns testes. A partir dessas observações, eles discutiram sobre os procedimentos de captura das formigas e também para a manipulação destas nos experimentos. Essas discussões serão parte da análise apresentada no capítulo 4.

Com a chegada de Débora e Juliana que trouxeram a cebolinha, nos episódios 16 a 21, o grupo começou a se envolver nos processos de preparação e montagem do experimento que consistiu em um ensaio

experimental com a cebolinha *in natura* cortada em pequenos pedaços. Como era o primeiro ensaio experimental, eles discutiram sobre os procedimentos abordando: a colocação correta de uma fita adesiva que tinha como por objetivo evitar a saída das formigas da fórmica; o espaço e distância de colocação da cebolinha; a forma como estimular a movimentação das formigas. Simultaneamente, os alunos se envolveram em tarefas para preparar materiais para o experimento e montar ensaios experimentais.

O primeiro ensaio experimental ocorreu no episódio 22. Nesse ensaio experimental, o aquário com as formigas foi colocado no centro de um halo formado por pedaços de cebolinha. Os alunos bateram na parede externa do aquário para estimular a saída das formigas e observaram a sua movimentação. Pelo fato das formigas atravessarem a barreira de cebolinha, eles concluíram previamente que a cebolinha não tinha propriedade repelente sobre esse tipo de inseto. Eles avaliaram as limitações impostas pelo aquário, artefato que decidiram abandonar e substituir por embalagens plásticas pequenas. Já ao final desse episódio, os alunos começaram a produzir um extrato aquoso com a cebolinha para realizar outro teste.

Com o fim do primeiro ensaio experimental, nos episódios 23 e 24, enquanto preparavam o extrato da cebolinha, o grupo começou a montar o segundo ensaio experimental e já começou a considerar a possibilidade de substituir a cebolinha por outra planta, especialmente o cravo da Índia. Terminado o processo de produção do extrato de cebolinha, ele foi aplicado em um halo em volta do aquário.

No episódio 25, de modo similar ao primeiro experimento, o aquário foi colocado sobre a fórmica e o grupo observou a movimentação das formigas e constatou que todas tentavam conseguir atravessar o halo formado por gotas de extrato de cebolinha. O grupo concluiu que também o extrato de cebolinha não possuía propriedade repelente. O episódio 26 foi marcado pela discussão sobre os resultados obtidos nos dois ensaios experimentais e pelo planejamento dos próximos passos da investigação que consistiria em testar as formigas com outro vegetal.

Essa aula foi determinante para os rumos da investigação. Ela permitiu o contato com as primeiras dificuldades para o desenvolvimento do projeto e que resultaram na substituição do artefato de armazenamento, transporte e de manipulação das formigas: o aquário foi trocado por pequenas embalagens plásticas. Essa aula implicou também na redefinição da questão de pesquisa: a cebolinha foi abandonada, pois os ensaios experimentais não trouxeram evidências de que ela poderia ser usada para repelir as formigas-fantasma.

Quadro 2
Sequência de ações do grupo analisado na primeira aula no laboratório realizando a investigação.

Episódios	Duração	Ações do grupo	Objetivo
1	0:00:00.1 a 0:00:36	Observação das formigas	Reconhecer características das formigas-fantasma
2	0:00.36 a 0:03.38	Realização de teste com as formigas	Observar a movimentação das formigas sobre a fórmica
3	0:03:38 a 0:05:19	Relato a professora	Responder questionamentos da professora sobre os procedimentos e resultados de consulta a especialistas
4	0:05:20 a 0:06.18	Discussão sobre o procedimento de manipulação das formigas	Determinar o método mais adequado para a manipulação das formigas no experimento
5	0:06:18 a 0:06:48	Relato a professora	Responder a questionamento sobre consulta a especialista
6	0:06:48.a 0:07:10	Realização de teste com as formigas	Estabelecer procedimento para estimular a movimentação das formigas
7	0:07:10 a 0:07:50	Relato a professora	Responder a questionamento da professora sobre os procedimentos de captura das formigas
8	0:07:50 a 0:08:57	Discussão sobre o procedimento de captura das formigas	Estabelecer procedimentos para captura das formigas para o experimento
9	0:08:58 a 0:10:43.6	Registro de informações	Registrar o procedimento de captura das formigas definido.
10	0:10:43 a 0:13. 29	Discussão sobre o procedimento de captura de formiga	Estabelecer procedimento para a captura e manutenção formigas

11	0:13:32.0 a 0:15:36.4	Discussão sobre os procedimentos do experimento	Determinar procedimentos para o uso do aquário no experimento
12	0:15:36 a 0:17:11	Relato a professora	Responder a questionamento da professora sobre a manipulação de formigas
13	0:17:12.1 a 0:18:05	Realização de ligação telefônica	Obter informações sobre os integrantes do grupo que foram comprar a cebolinha
14	0:18:05.5 a 0:19:41	Discussão sobre procedimento do experimento	Determinar procedimento de manutenção e manipulação das formigas
15	0:19:41 a 0: 20: 41.	Recepção às alunas	Receber as alunas e a cebolinha para o experimento
16	0:20. 41 a 0:22:33	Discussão sobre o procedimento do experimento	Determinar a disposição da cebolinha e a utilização da fita adesiva na fórmica
17	0:22:33 a 0:23: 41	Preparação para o experimento	Realizar procedimentos necessários para a execução do experimento
18	0:23:41 a 0:23:56	Realização de teste com as formigas	Observar a movimentação das formigas a partir de estímulo físico
19	0:23:57 a 0:24:57	Preparação do experimento	Realizar procedimentos de preparação para o experimento inicial
20	0:24:57. 4 a 0:36:39.2	Montagem e discussão sobre os procedimentos do experimento	<i>Preparar o experimento para o primeiro ensaio experimental do grupo</i> <u>Determinar procedimento de colocação da fita adesiva a da cebolinha para o primeiro ensaio</u>
21	0:36:40 a 0:40:31	Discussão sobre os procedimentos do experimento	Determinar o procedimento para as formigas saírem do aquário
22	0:40:32 a 0:56:53	Realização do primeiro ensaio experimental	Realizar o primeiro ensaio como uma experiência inicial com objetivo de verificar a propriedade repelente da cebolinha in natura
23	0:56:00.06 a 1:05:00	Preparação do experimento e produção do extrato	<i>Organizar e preparar os materiais para o segundo ensaio experimental</i> <u>Preparar o extrato de cebolinha que será usado no próximo ensaio</u>

24	1:05:00 a 1:13:09	Montagem do experimento e discussão sobre os procedimentos do experimento	<i>Preparar o experimento para o segundo ensaio experimental do grupo</i> <u>Definir os procedimentos que serão realizados nas próximas aulas</u>
25	01:13:09 a 01:23:51.3	Realização do segundo ensaio experimental	Realizar o segundo ensaio experimental com o objetivo de verificar existência de propriedade repelente no extrato de cebolinha
26	01:23:51. a 01:26:36	Discussão sobre os resultados dos experimentos	Avaliar os resultados obtidos com os dois ensaios e estabelecer os próximos passos
27	01:26:36 a 01:27:32	Relato a professora	Responder a questionamentos e propostas da professora sobre os procedimentos de produção do extrato, resultados obtidos e os próximos passos
28	01:27:32 a 01:33:47.	Organização da bancada	Arrumar o espaço de trabalho do grupo

Aula 5

A aula 5, que foi acompanhada pelo professor Carlos, durou uma hora, quarenta e quatro minutos e dezoito segundos. Nesse dia, o grupo de alunos tinha como objetivo: verificar se o cravo da Índia teria propriedade repelente sobre a formiga-fantasma. Para atingir esse objetivo, o grupo se envolveu em diferentes ações subordinadas que permitiram organizar a aula em 24 episódios. Nessa aula, Juliana se ausentou e Thiago chegou atrasado.

No primeiro episódio, eles organizaram a bancada. Eles já não trouxeram o aquário, as formigas estavam armazenadas em pequenas embalagens plásticas e tinham ficado um certo período na geladeira. Sobre a bancada, estavam a fórmica, as embalagens de cravo da Índia e os materiais para a preparação do extrato.

No início da aula, nos episódios 2 e 4, o professor Carlos abordou o grupo e explicou a importância dos procedimentos estatísticos na produção dos

resultados da investigação. Nesse contato, o grupo ouviu atentamente e sinalizou que entendeu a explicação dada pelo professor. Entretanto, será constatado em outras ocasiões, nesta e em outras aulas, que o grupo não compreendeu essa orientação. Esse processo de compreensão da contribuição da estatística será objeto de uma microanálise na subseção 3.3.3.

Os episódios 3 e 5 ficaram marcados por uma socialização de informações do grupo para o professor e para Patrícia, ausente na aula anterior. Nesse relato, os alunos descreveram os procedimentos utilizados na investigação e informaram sobre os resultados dos ensaios experimentais, sobre as avaliações e sobre as definições do grupo.

Dos episódios 6 ao 14, os membros do grupo prepararam os procedimentos para realizar os ensaios experimentais. Terminada essa fase de preparação, teve início um ciclo de três ensaios experimentais utilizando *cravos in natura*. A medida que esses ensaios experimentais são realizados, ocorreram discussões sobre os resultados obtidos e sobre as alternativas que eram propostas. Esse ciclo começou no décimo quinto episódio e terminou no décimo nono episódio.

Esses ensaios experimentais serão analisados no capítulo 4, mas constata-se que os alunos relacionaram os problemas encontrados ao resfriamento das formigas. Esse procedimento foi realizado atendendo a sugestão da professora Vilma na terceira aula, mas pela observação do grupo, as formigas se mostraram muito lentas, quase inertes, algo distante do comportamento normal desses insetos. Com o passar do tempo e o provável aquecimento, as formigas passaram a se movimentar mais. Esses ensaios experimentais iniciais já trouxeram ao grupo indícios de que o cravo da Índia poderia apresentar a propriedade repelente desejada. Simultaneamente, a esses ensaios experimentais, alguns membros do grupo começaram a preparar o extrato de cravo da Índia para ser utilizado no quarto ensaio experimental. Essa preparação do extrato compreendeu o décimo nono e o vigésimo episódio, nos quais o grupo discutiu sobre os procedimentos mais adequados para a maceração e filtração do extrato. Os cravos da Índia foram macerados,

diluídos em água destilada. Esse macerado foi filtrado, produzindo um líquido de cor amarronzada e cheiro característico.

No episódio 22, o grupo montou o quarto ensaio experimental colocando as gotas do extrato em um halo. Após essa etapa, no episódio 23, as formigas foram colocadas no centro da fórmica e o grupo passou a observar a movimentação dos insetos. Durante esse ensaio experimental, o professor Carlos sinalizou que a presença da água poderia interferir nos resultados. Essa intervenção do professor foi importante para que essa variável fosse ponderada pelo grupo nas avaliações dos resultados desse ensaio experimental. Nesse episódio, os alunos consideraram também a possibilidade de fazer um teste com extrato seco. Outras sugestões são apresentadas como: guardar o extrato produzido para verificar a duração do efeito repelente e avaliar se o pigmento tem alguma relação com o efeito observado. No final do experimento, eles compararam os resultados obtidos com o cravo da Índia, com os fornecidos pela cebolinha e concluem pela eficiência do cravo como repelente desta espécie de formiga. O episódio 25 consistiu na organização da bancada, com a lavagem do material utilizada, limpeza da bancada. Nesse dia, eles deixaram o extrato aplicado na fórmica, para que o mesmo pudesse ser testado na próxima aula de investigação.

Nessa aula, percebe-se, que os procedimentos básicos de montagem e execução dos experimentos não se distanciam muito do que foi planejado e apresentado na aula 3. Outras definições que já estão estabelecidas pelo grupo são: a) os procedimentos de captura das formigas (as formigas devem ser capturadas com iscas e colocadas em embalagens plásticas. Elas devem ser utilizadas nos ensaios experimentais na temperatura natural); b) o cravo da Índia tem propriedade repelente sobre a formiga-fantasma e o grupo pode investir no aprimoramento da investigação.

Além disso, três importantes variáveis começaram a ser consideradas pelo grupo: i) a pigmentação amarronzada do extrato, algo indesejado para um produto que foi idealizado para aplicação em superfícies específicas como pias de cozinha; ii) a duração do efeito da substância repelente; iii) a influência da

água nos resultados obtidos pelo grupo. Essas variáveis serão objetos de discussões e considerações dos membros do grupo e dos professores em outras aulas.

Quadro 3
Sequência de ações do grupo analisado na segunda aula no laboratório realizando a investigação.

Episódios	Duração	Ações do grupo	Objetivo
1	00:00:00 a 0:01:23	Organização da bancada	Preparar o espaço e os materiais para os experimentos da aula
2	0:01:23 a 0:03:30	Audiência a contribuição do professor	Escutar o discurso do professor sobre a importância dos conhecimentos de estatística para a produção dos dados
3	0:03:30 a 0:04:37	Relato a colega e professor	Informar os resultados dos ensaios experimentais a integrante do grupo e professor ausentes na última aula
4	0:04:37 a 0:05:22	Audiência a contribuição do professor	Escutar sobre exemplos do uso da estatística a partir dos resultados da última aula
5	0:05:22 a 0:07:06	Relato a professor	Apresentar para o professor os próximos passos da investigação
6	0:07:06 a 0:08:52	Preparação para o experimento	Preparar e procurar o material para o primeiro ensaio experimental
7	0:08:52 a 0:09:05	Discussão sobre o procedimento do experimento	Estabelecer procedimento para colocação das formigas no centro do halo
8	0:09:05 a 0:10:02	Preparação para o experimento	Preparar o material para o primeiro ensaio experimental
9	0:10:02 a 0:11:08	Relato a professor e colegas do grupo	Informar sobre teste de resfriamento realizado com formigas
10	0:11:08 a 0:12:26	Preparação para o experimento	Avaliar a fôrmica no experimento
11	0:12:26 a 0:13:04	Relato a colega	Informar a integrante do grupo sobre a intervenção do professor
12	0:13:04 a 0:14:54	Preparação para o experimento	Preparar a fôrmica para o primeiro ensaio experimental

13	0:14:54 a 0:17:08	Discussão sobre procedimento do experimento	Avaliar contribuição de colega integrante do outro grupo
14	0:17:08 a 0:23:34	Montagem e discussão sobre procedimento do experimento	<i>Preparar o experimento para o primeiro ensaio experimental</i> <u>Determinar procedimentos para a colocação dos cravos da índia in natura sobre a fôrmica</u>
15	0:23:34 a 0: 31:09	Realização do primeiro ensaio experimental	Realizar o primeiro ensaio experimental com objetivo de verificar a existência de propriedade repelente do cravo da índia in natura
16	0:31:09 a 0:32:32	Preparação do experimento	Preparar experimento para o segundo ensaio experimental
17	0:32:32 a 0:42:19	Realização do segundo ensaio experimental	Realizar o segundo ensaio experimental com objetivo de verificar a propriedade repelente do cravo da índia in natural diminuindo as interferências externas apresentadas no teste anterior
18	0:42:19 a 0:46:17	Preparação do experimento	Preparar o experimento para o terceiro ensaio experimental
19	0:46:17 a 0:57:43	Realização do terceiro ensaio experimental e preparação do quarto ensaio experimental	<i>Realizar o terceiro ensaio experimental com o objetivo de analisar a movimentação das formigas sobre o guardanapo.</i> <u>Preparar o extrato de cravo da índia para o quarto ensaio experimental</u>
20	0:57:43 a 1:17:38	Preparação do experimento	Preparar o extrato do cravo da índia e os materiais para o quarto ensaio experimental
21	1:17:38 a 1:19.51	Relato a professor	Comunicar a professor sobre os resultados dos ensaios experimentais realizados
22	1:19:51 a 1:22:35	Montagem do experimento	Preparar o experimento para o quarto ensaio experimental
23	1:22:35 a 1:43:12	Realização do quarto ensaio experimental	Realizar o quarto ensaio experimental com o objetivo de verificar a existência de propriedade repelente do cravo
24	1:43:12 a 1:44:18	Organização da bancada	Arrumar o espaço de trabalho do grupo

AULA 6

A AULA 6 aconteceu na sala de aula e foi conduzida pelo professor Márcio. A apresentação do grupo investigado foi a terceira e durou oito minutos e quarenta segundos. Ela pôde ser dividida em cinco episódios. Nessa aula, o grupo tinha como objetivo informar sobre o andamento do projeto expondo acerca dos procedimentos da investigação, os resultados obtidos nos ensaios experimentais, as dificuldades encontradas e uma avaliação do que foi produzido até o momento. A aluna Fabiana não compareceu a essa aula.

No primeiro episódio, eles descreveram os procedimentos empregados nos ensaios experimentais realizados com cebolinha. Eles informaram sobre os resultados negativos dos testes realizados com a cebolinha *in natura* e macerada. A partir desse relato, eles passaram a descrever os procedimentos dos ensaios experimentais realizados com o cravo da índia e afirmaram que os resultados com cravo da índia *in natura* e com seu extrato aquoso, mesmo que preliminares, se revelaram promissores. As formigas-fantasma parecem ser repelidas pelo cravo índia.

O episódio 2, teve início com um questionamento do professor Márcio sobre como o grupo iria quantificar as formigas utilizadas no teste. Eles descreveram o procedimento adotado que consistia na contagem das formigas que atravessavam a barreira do extrato, durante a realização do ensaio experimental. Quando terminavam o ensaio experimental, eles contavam as formigas que ficavam no centro do halo. Eles foram questionados pelo professor sobre o tempo de utilização do extrato após a preparação. O grupo informou que o tempo entre o preparo e a utilização foi curto. Esse questionamento propiciou ao grupo descrever o processo de produção do extrato. Eles informaram que guardaram o extrato produzido na última aula, e que deixaram fórmica suja de extrato de cravo da índia, o que os permitiriam realizar testes em que levariam em conta o tempo de duração do efeito repelente dessa substância.

No episódio 3, eles informaram aos ouvintes sobre os possíveis procedimentos que poderiam ser realizados ou problemas que deveriam ser

considerados. Eles destacaram a possibilidade de uma investigação sobre a composição da substância do cravo que seria responsável pela propriedade repelente. A literatura consultada confirmava que se trata de um óleo. Eles ressaltaram a coloração escura do extrato como um dos problemas a serem enfrentados pelo grupo, pois uma de suas metas do grupo era conseguir um produto que poderia ser utilizado em cozinhas e um produto que deixava manchas não seria o mais adequado.

No episódio 4, o grupo apresentou as limitações das conclusões obtidas até o momento, tanto por causa do efeito do resfriamento das formigas, que fez com que elas se mostrasse mais inertes, quanto pela forma como os ensaios experimentais foram realizados até o momento. Eles afiançaram a convicção do efeito repelente do cravo da Índia, o que os permitiria experimentos mais elaborados. Portanto, no episódio 5, eles responderam a pergunta sobre os próximos passos do grupo, informando que irão padronizar a produção do extrato de cravo da Índia e que os próximos testes serão mais controlados.

Nessa aula, os alunos fizeram um relato da investigação descrevendo os procedimentos realizados, informando sobre os resultados obtidos com cebolinha e com cravo da Índia. Não houveram questionamentos dos colegas ao grupo. Os questionamentos do professor permitiram ao grupo fornecer mais elementos para a descrição de seu trabalho e explicitar que variáveis foram consideradas. Quanto ao grupo, percebe-se que os resultados positivos do cravo da Índia trouxeram uma maior segurança, mas que por não terem sido produzidos sob condições padronizadas e controladas, princípios caros a atividade científica, não poderiam ser anunciados como definitivos.

Quadro 4
Sequência de ações do grupo analisado na segunda aula de apresentação de projeto

Episódios	Duração	Ações do grupo	Objetivo
1	0:33:14 a 0:36:31	Apresentação do andamento do projeto	Apresentar informações sobre andamento do projeto indicando os resultados dos testes realizados
2	0:36:31 a 0:38:08	Descrição dos procedimentos dos ensaios experimentais	Informar ao professor sobre os procedimentos de quantificação das formigas, de produção e de características do extrato
3	0:38:08 a 0:39:41	Estabelecendo procedimentos da investigação	Apresentar os possíveis procedimentos para as próximas etapas da investigação
4	0:39:41 a 0:40:46	Avaliação de resultados dos ensaios experimentais	Identificar as limitações dos resultados obtidos pelos ensaios experimentais realizados
5	0:40:46 a 0:44:02	Discussão sobre os procedimentos dos experimentos	Informar ao professor os próximos passos da investigação

AULA 7

A AULA 7 foi realizada no laboratório e durou uma hora, trinta e quatro minutos e trinta sete segundos. Todos os membros do grupo estiveram presentes, apenas Thiago chegou atrasado. Essa aula foi acompanhada pelo professor Carlos e foi dividida em onze episódios.

Se na aula anterior, o grupo expressou a expectativa de realizar testes mais elaborados e controlados, nesta aula, eles se depararam com um problema que os impossibilitava de realizar os experimentos planejados: Ana não conseguiu coletar formigas em número suficiente. A razão para tal insucesso se devia ao fato de que as formigas-fantasma da casa de Ana começaram a sofrer ataques de outra espécie de formiga. Com o número reduzido de formigas, eles tiveram que abandonar o objetivo de começar a padronizar os procedimentos dos ensaios experimentais. Então, devido a essa limitação, o grupo passou a se dedicar a duas ações diferentes.

A primeira ação foi a de verificar a existência de propriedade repelente do extrato de cravo da Índia armazenado há duas semanas. Esse teste seria importante para investigar a questão do tempo de duração do efeito repelente dessa substância. O segundo objetivo foi avaliar as características do extrato e a partir dessa avaliação analisar possibilidades de produção diferenciada desse líquido. Havia a expectativa de que seria possível isolar o pigmento responsável pela coloração do extrato e produzir um líquido mais claro e transparente, e portanto, mais adequado para um produto que seria aplicado em cozinhas.

Essa redefinição dos objetivos dessa aula ocorreu dos episódios 2 a 5,- o episódio 1 consistiu em um momento de organização da bancada -, em momentos de discussão sobre os próximos passos do trabalho. Nesses momentos, eles discutiram e determinaram o tempo de duração de cada ensaio experimental (quinze minutos), o número de testes realizados em um dia (três vezes) e comentaram sobre a possibilidade de produzir extrato com diferentes concentrações.

No episódio 4, destacam-se algumas ocorrências curiosas, que serão exploradas nas análises das interações propostas nesta tese. A primeira se refere ao fato de que o grupo encontrou muita dificuldade para a fórmica que continha o extrato aplicado na última aula de produção, a aula 5. O extrato manchava e era difícil de ser retirado da superfície em que foi aplicado. Novamente, observa-se que o grupo lidava com um problema sério para atingir a meta original de produzir um produto de uso doméstico. A segunda ocorrência se refere ao fato de que retomando a explicação do professor Carlos sobre o uso da estatística, o grupo externaliza um entendimento equivocado e definiu um limite aceitável de saída das formigas, cinco por cento. Saindo menos de cinco por cento das formigas, haveria a confirmação da hipótese de que o extrato de cravo da Índia repele as formigas-fantasma. Outra ocorrência se refere ao comentário de que a substância pesquisada seria o eugenol que é utilizado por dentistas na confecção de curativo.

No episódio 6, para montar o experimento, o grupo pipetou o extrato. Nesse episódio, Thiago chegou e Ana socializou informações sobre o andamento do trabalho do dia. O episódio 7 foi marcado pela realização do ensaio experimental. O grupo observou e comentou sobre a movimentação das formigas sobre a fórmica. Nesses comentários, eles retomaram a hipótese de a água ter influenciado nos resultados obtidos e se propuseram fazer um teste-controle. Eles avaliaram os resultados obtidos: parece que nesse teste houve uma maior saída das formigas do que no quarto ensaio experimental realizado na AULA 5. Finalizando o teste, eles contaram as formigas e estimaram que saíram aproximadamente trinta por cento das formigas - 31, 25% conforme informação obtida no artigo do grupo. No episódio 8, eles registraram esses dados no caderno e também informações sobre o extrato de cravo.

Os episódios 9, 10 foram dedicados a análise do extrato de cravo da índia. No episódio 9, eles observaram e comentaram sobre a cor, a consistência e a possibilidade de usar outros procedimentos na produção como a utilização de moedor de pimenta ou antes da maceração deixar o cravo da índia em repouso em água. No episódio 10, com o auxílio do técnico do laboratório, eles centrifugaram parte do extrato. Eles observaram e mencionaram rapidamente que o resultado foi aquém ao esperado, não houve uma separação das fases do extrato. Dessa forma, o problema da coloração do extrato continuou a inquietar o grupo e voltou á tona em outros momentos da disciplina.

Constata-se nesta aula os alunos produziram o primeiro resultado quantitativo de seu projeto de investigação. Ele se refere a porcentagem de formigas que saiu, portanto não foram repelidas pelo cravo da índia, no ensaio experimental que utilizou o extrato armazenado por duas semanas. Esse resultado consta no artigo produzido pelo grupo e apresentado com um indício de que o extrato quando guardado em recipiente fechado, mesmo após algum tempo, mantém a sua eficiência. Esse argumento será apresentado e utilizado como evidência em outros momentos dessa disciplina quando os professores questionam sobre o tempo entre a preparação do extrato e a sua utilização nos ensaios experimentais.

Quadro 5
Sequência de ações do grupo analisado na terceira aula no laboratório realizando a investigação

Episódios	Duração	Ações do grupo	Objetivo
1	0:00:00 a 0:04:33	Organização da bancada	Preparar o espaço e os materiais para os experimentos da aula
2	0:04:33 a 0:06:06	Discussão sobre o procedimento de obtenção de formigas	Procurar soluções para obtenção de formigas para o experimento
3	0:06:06 a 00:14:14	Discussão sobre os procedimentos do dia	Apresentar e propor os procedimentos para aula
4	00:14:14 a 0:17:52	Discussão sobre os procedimentos do experimento	Determinar os procedimentos padrões dos ensaios experimentais
5	0:17:52 a 0:31:32	Preparação e discussão sobre os procedimentos da investigação	<i>Preparar o experimento para o ensaio experimental do dia</i> <u>Determinar os procedimentos da investigação</u>
6	0:31:32 a 0:39:34	Montagem do experimento	Montar o experimento para o ensaio experimental do dia
7	0:39:34 a 0:57:26	Realização do ensaio experimental	Verificar a existência de propriedade repelente em extrato do cravo da Índia armazenado
8	0:57:26 a 0:59:43	Registro de informações	Registrar os dados e os procedimentos do experimento do dia
9	0:59:43 a 1:12:09	Discussão sobre os procedimentos da investigação	Determinar os procedimentos para a próxima etapa do dia e também para o andamento do projeto
10	1:12:09 a 1:32:07	Preparação para a investigação	Verificar a possibilidade de produção diferenciada de extrato de cravo da Índia, analisar o sobrenadante do extrato de cravo da Índia.
11	1:32:07 a 1:34:37	Organização da bancada e Relato a colegas de outro grupo	<i>Arrumar o espaço de trabalho do grupo</i> <u>Informar aos colegas de outro grupo sobre o andamento do projeto</u>

AULA 8

Com duração de duas horas, onze minutos e trinta e dois segundos, a aula 8 é outra que acontece no laboratório. O grupo estava completo e os professores Carlos e Márcio estavam presentes. Essa aula foi dividida em dezenove episódios. O grupo chegou com o objetivo de realizar ensaios experimentais com o extrato concentrado de cravo da Índia em condições experimentais padronizadas. Diferentemente da situação da aula anterior, eles contavam com uma boa quantidade de formigas.

Nos episódios 1, 2 e 3, eles discutiram sobre os procedimentos que iriam realizar nesse dia. A expectativa do grupo era obter dados que sustentassem a hipótese da existência de propriedade repelente do cravo da Índia sobre a formiga fantasma e que pudessem ser considerados válidos e legítimos de acordo com os critérios que fundamentam uma investigação científica. Para o grupo, esse resultado poderia resultar na conclusão do projeto, já que eles ponderavam sobre a possibilidade de não conseguir capturar formigas em número suficiente para outras aulas. Eles definiram a quantidade de cravos utilizada para obter a concentração determinada de forma arbitrária como máxima, cinquenta cravos para cinquenta mililitros de água. Esses cravos foram pesados, o que representou uma massa de 4,91 gramas.

No episódio 4, o professor informou sobre uma alteração na agenda da disciplina que implicaria na substituição da atividade de apresentação, previstas para a próxima semana, pela atividade de produção no laboratório.

No período que vai do episódio 5 ao episódio 11, os alunos estavam envolvidos com a organização do experimento. Eles prepararam o extrato, definiram o tamanho da gota e do halo em que esse líquido seria aplicado. Essa definição contou com a orientação do professor Márcio que recomendou a utilização de dois guardanapos abertos. O grupo definiu que para cada concentração produzida seriam realizados três ensaios experimentais. Cada ensaio experimental teria a duração de dez minutos.

Nesse período, ocorreu duas situações peculiares. A primeira é que no episódio 5, os alunos discutiram sobre a possibilidade de realizar processos de isolamento da substância de interesse, devido a hipótese de que esta seria um óleo. Eles consultaram ao professor Carlos que chamou Juan e Thiago para a ir a biblioteca realizar uma pesquisa. Quando voltaram da biblioteca, os alunos não apresentaram as informações dessa consulta imediatamente. Isso só aconteceu no episódio 16, quando disseram ao professor Márcio que um procedimento de isolamento poderia ser realizado pelo grupo.

Outra situação interessante aconteceu no episódio 10, as alunas questionaram ao professor Márcio sobre se o limite de cinco por cento de formigas que saírem poderia ser considerado aceitável para suportar a hipótese investigada pelo grupo. Percebendo o equívoco do grupo, o professor Márcio esclareceu esse conceito. O professor Carlos chegou e foi chamado para colaborar nesta explicação. Essa interação será analisada com mais detalhes na subseção 3.3.3.

O primeiro ensaio experimental desta aula, foi realizado no episódio 12. Eles desenvolveram o experimento de forma similar ao que foi feito na AULA 5, ou seja, colocaram a embalagem contendo as formigas sobre a fórmica e a abriram. Neste instante, iniciaram a contagem do tempo. Eles observaram a movimentação das formigas, matando e contando as que atravessavam a barreira de extrato. O professor Márcio acompanhou esse ensaio experimental e ajudou ao grupo nas problematizações que aconteceram simultaneamente a observação das formigas. Eles problematizaram sobre a influência da água nos resultados e também sobre os espaços deixados entre as gotas. Essa última variável foi refutada por Ana que empregou dados conceituais – a liberação de ferormônios,- e dados empíricos, - o comportamento de se deslocar em fila -, para argumentar contra essa possibilidade. Terminado o tempo estipulado, eles mataram as formigas que restaram e informaram esse resultado que foi anotado.

No episódio 13, eles discutiram e determinaram que os próximos ensaios experimentais iriam ser realizados com o extrato na concentração cem

por cento, utilizado no teste anterior. Dessa forma, do episódio 14 ao 17, o grupo esteve envolvido na montagem e na execução de mais dois ensaios experimentais similares ao primeiro. Portanto, durante os testes, os integrantes do grupo realizaram os mesmos procedimentos: observando, comentando, contando as formigas e informando os resultados. Logo após o episódio 18, que consistiu na organização da bancada, no episódio 19, Patrícia e Ana realizaram os cálculos utilizando os dados e seguindo as instruções dadas pelos professores.

Nessa etapa da disciplina, antes da realização dos ensaios experimentais o grupo pesquisado já apresentava: a) a convicção sobre a existência de propriedade repelente do cravo da Índia; b) o domínio das habilidades necessárias para: a captura e manipulação das formigas, a produção do extrato, a montagem e realização do experimento e a produção de dados. Além disso, contava com um bom número de formigas. Com essas condições favoráveis, nessa aula, o grupo se dedicou e se preocupou em realizar uma produção de dados empíricos respeitando critérios de legitimidade e validade que são importantes para a comunidade científica. Portanto, eles se preocuparam em padronizar os procedimentos do ensaio experimental (tempo, área de aplicação do extrato, contagem das formigas, cálculos do resultados, número de testes). Respeitando esses critérios, eles produziram os resultados que são encontrados no artigo em uma tabela em que são registrados o número total de formigas de cada teste, o número de formigas que atravessaram o halo, a sua porcentagem e a média dessas porcentagens: Teste 1: 14/149 (9,49%); Teste 2: 8/64 (12,5%); Teste 3: 12/148 (8,10%); Média% (10,03%).

Por causa dessa busca por um rigor na produção dos dados, o grupo ainda se mostrava receoso quanto ao papel da água na movimentação das formigas. A ponderação sobre o efeito da água foi feita na aula 5 e em outros momentos da investigação e parece que uma das condições que favoreceu a realização do teste necessário para avaliar essa variável foi mudança na agenda da disciplina com a realização de mais aula de produção não prevista para a próxima semana.

Quadro 6

Sequência de ações do grupo analisado na quarta aula no laboratório realizando a investigação

Episódios	Duração	Ações do grupo	Objetivo
1	0:00:53 a 0:01:30	Discussão sobre procedimentos da investigação	Definir os ensaios experimentais que serão feitos no dia
2	0:01:30 a 0:02:10	Relato a professor	Apresentar ao professor o andamento da investigação
3	0:02:10 a 0:11:40	Discussão sobre procedimentos do experimento	Definir os procedimentos para os ensaios experimentais do dia.
4	0:11:40 a 0:12:14	Intervenção do professor	Informar sobre alteração de agenda da disciplina
5	0:12:14 a 0: 32:36	Preparação para a investigação	Preparar os materiais necessários para a investigação
6	0:32:36 a 0:35:37	Consulta a professor	Obter informações sobre processo de extração de óleo
7	0:35:37 a 0:38:58	Preparação para a investigação	Preparar os materiais necessários para os ensaios experimentais
8	0:38:58 a 0:45:45	Relato a professor e preparação para a investigação	<i>Informar o professor sobre os procedimentos e o andamento da investigação</i> <u>Preparar o extrato que será utilizado nos ensaios experimentais</u>
9	0:45:45 a 0:48:03	Discussão sobre procedimento da investigação	Determinar o procedimento para marcação do retângulo de aplicação do extrato
10	0:48:03 a 1:03:49	Consulta ao professores e preparação para investigação	<i>Obter esclarecimento sobre o uso da estatística para o projeto</i> <u>Preparar o experimento para o primeiro ensaio experimental</u>
11	1:03:49 a 1:05:22	Discussão sobre procedimento da investigação	Definir o número de testes que serão feitos com cada concentração do extrato
12	1:05:22 a 1:17:41	Realização do primeiro ensaio experimental	Verificar a intensidade do efeito de repelência do extrato de cravo da Índia mais concentrado

13	1:17:41 a 1:21:50	Discussão sobre procedimento da investigação e preparação para a investigação	<i>Definir com qual ensaio experimental será realizado</i> <u>Preparar o experimento para o próximo ensaio experimental</u>
14	1:21:50 a 1:29:25	Montagem do experimento	Preparar o experimento para o próximo ensaio experimental
15	1:29:25 a 1:40:52	Realização do segundo ensaio experimental	Confirmar resultados obtidos no primeiro ensaio experimental
16	1:40:52 a 1:52:17	Montagem do experimento	Preparar o experimento para o ensaio experimental
17	1:52:17 a 2:03:02	Realização do terceiro ensaio experimental	Confirmar resultados obtidos no primeiro e segundo ensaios experimentais
18	2:03:02 a 2:07:07	Organização da bancada	Arrumar o espaço de trabalho do grupo
19	2:07:07 a 2:11:32	Produção de resultados	Realizar os cálculos com os resultados dos testes do dia

AULA 9

A AULA 9 foi realizada no laboratório e o grupo desempenhou as suas atividades do grupo em vinte e cinco minutos e três segundos. Nenhum professor acompanhou o grupo nesta aula. Com a exceção de Thiago, que se ausentou, o grupo de alunos chegou com objetivo de verificar se água teria influência na movimentação das formigas e, por consequência, nos resultados obtidos nos ensaios experimentais anteriores. Para tanto, eles realizaram um teste-controle formando uma barreira composta de gotas de água. Essa ação complexa foi subdividida em cinco episódios.

No primeiro episódio, eles organizaram a bancada, limpando e trazendo os materiais necessários aos procedimentos. Em seguida, no episódio 2, eles limpam a fórmica e comentaram sobre o objetivo do ensaio experimental. No terceiro episódio, eles montaram o experimento, pipetando gotas de água

sobre a fôrmica. Findo esse processo teve início o ensaio experimental, que identifica o episódio 4. Em menos de cinco minutos, todas as formigas saíram do halo, o que os permitiu considerar que a água não teve influência sobre os resultados obtidos com o extrato de cravo da índia. Dessa forma, eles encerraram as atividades do dia organizando a bancada, o que configurou no episódio 5.

Com esse teste, os alunos executaram um procedimento padrão da atividade científica que é a realização de teste controle para descartar o efeito de variáveis nos resultados dos ensaios experimentais. Ressalta-se que a concepção sobre a necessidade desse teste está relacionada a uma problematização do professor Carlos em uma intervenção na aula 5, quando os alunos realizavam o primeiro teste com o cravo da índia. Com a realização do teste controle, o grupo associa mais uma evidência empírica aos resultados obtidos o que os permitiu refutar os questionamentos dos professores quanto à possível influência da água na movimentação das formigas.

Quadro 7

Seqüência de ações do grupo analisado na quinta aula no laboratório realizando a investigação

Episódios	Duração	Ações do grupo	Objetivo
1	0:00:00 a 0:05:12	Organização da Bancada	Preparar o espaço e os materiais para os experimentos da aula
2	0:05:12 a 0:09:05	Preparação para o experimento	Preparar o experimento para o primeiro ensaio experimental do dia
3	0:09:05 a 0:14:55	Montagem do experimento	Montar o ensaio experimental do dia
4	0:14:55 a 0:19:49	Realização do experimento	Realizar ensaio experimental com objetivo de verificar se água influência na movimentação das formigas
5	0:19:49 a 0:25:03	Organização da Bancada	Arrumar o espaço de trabalho do grupo

AULA 10

Na AULA 10 ocorreu a mais longa apresentação do grupo que durou vinte dois minutos e cinco segundos. Todos os integrantes estavam presentes, e apresentaram informações sobre o andamento do projeto e quais seriam as ideias do grupo para os próximos ensaios experimentais. Os professores Carlos e Márcio estavam presentes a essa aula.

A aula foi dividida em 5 episódios. O primeiro episódio consistiu na descrição dos últimos procedimentos realizados. O grupo informou sobre as definições do grupo: o tamanho do halo e das gotas, o tempo do experimento e o método de contagem das formigas que os permitiu e produzir os resultados considerados válidos. Eles apresentaram os resultados obtidos nos ensaios experimentais com água e com extrato mais concentrado de cravo da Índia. Os resultados destes testes com o extrato foram anotados no quadro. O grupo externou a sua satisfação com os resultados obtidos.

O episódio 2 teve início com a exposição de sugestões dos professores e de um colega de uma montagem diferenciada do ensaio experimental. O grupo não fez considerações sobre essa proposta. Eles apresentaram a possibilidade de realizar um teste *in loco*, ou seja, em uma residência de algum integrante do grupo. Entretanto, como poderá ser constatado nas outras aulas, esse teste não foi realizado.

Eles informaram que dados da literatura indicavam que outras espécies de formigas são repelidas pelo cravo da Índia e que essa propriedade estaria relacionada ao eugenol. Esse óleo seria difícil de ser extraído nas condições oferecidas pela disciplina, mas poderia ser obtido com dentistas que utilizam esse material em procedimentos de obturação. Eles ressaltaram a preocupação com a coloração do extrato e a dificuldade de se limpar superfícies em que essa substância foi aplicada. Isso foi identificado como um problema sério para o grupo e que eles imaginavam que poderia ser resolvida com a delimitação e o isolamento da substância repelente presente no cravo da Índia. Nesse episódio, o professor Carlos sugeriu realizar um teste controle com o extrato seco para avaliar a influência da água. Eles informaram

novamente o resultado do ensaio experimental com água e diante dessa informação, o professor Carlos o identificou como um resultado muito significativo. Porém, o teste com o extrato seco será realizado para atender a meta de se produzir um produto de uso doméstico.

No terceiro episódio, eles destacaram uma observação curiosa, que é o fato de que existiria uma tendência das formigas saírem por espaços específicos entre as gotas. Eles atribuíram esse comportamento à comunicação mediada por ferormônios que sinalizam o caminho a ser seguido pela colônia que em condições naturais se movimenta em fila. O professor Carlos informou sobre os riscos de se utilizar a substância recomendada para a extração do eugenol. Essa substância é altamente inflamável, com isso o procedimento de isolamento do eugenol foi descartado e não foi mais considerado pelo grupo.

O quarto episódio foi marcado por uma discussão sobre os procedimentos que serão realizados pelo grupo nas próximas aulas. O grupo estava indeciso se nos próximos testes investiria em um aumento no número de formigas, ou em ensaios experimentais com concentrações do extrato de cravo da Índia. Com o aumento do número de formigas, e portanto, do universo amostral, acreditava-se que acrescentariam mais consistência aos resultados obtidos diminuindo os efeitos de aleatoriedade. Já os ensaios experimentais com concentrações diferenciadas já previstos na aula 3, e provavelmente, no projeto inicial do grupo, permitiriam verificar o limite mínimo de concentração de extrato de cravo da Índia suficiente para repelir as formigas-fantasma.

O grupo ainda apresentou a possibilidade de se realizar um teste com o extrato seco para verificar se a substância pesquisada apresentava volatilidade. A concepção desse teste estaria associada às impressões e hipóteses produzidas durante o quarto ensaio experimental realizado na aula 5 e a comparação entre o resultado do teste com o uso do extrato armazenado por duas semanas executado na aula 7 e os resultados dos testes realizados na aula 9. No teste da aula 7, o número de formigas que atravessou foi mais elevado do que no ensaio experimental com extrato de cravo da Índia mais

concentrado e aplicado logo após a sua produção. Essa diferença de resultados permitiu o grupo identificar volatilidade da substância como uma variável que precisava ser investigada.

Em suas intervenções nesse episódio, os professores sugeriram ao grupo usar o eugenol para um teste padrão, verificar se essa substância é termolábil e investir em outras concentrações. Essa última sugestão foi reforçada pelo professor Carlos, segundo o qual esse procedimento poderia trazer mais dados significativos para o grupo. No quinto episódio, os alunos informaram sobre o número de ensaios experimentais realizados.

Como já mencionado, essa foi apresentação mais extensa do grupo. Uma explicação para a utilização de todo esse tempo, se deve um grande volume de informações sobre o projeto, já que os alunos havia realizado cinco aulas de produção no laboratório o que os permitiu descrever com mais detalhes os procedimentos estabelecidos, dar mais informações sobre os elementos da pesquisa, - como o cravo da Índia e as formigas-fantasma-, e apresentar os resultados obtidos e avaliações mais consistentes sobre o trabalho realizado. Outra explicação se relaciona um momento de indefinição do grupo sobre os rumos de sua pesquisa e ao processo de condução realizados pelos professores tentando orientá-los. Então, nessa aula, os integrantes tiveram a oportunidade de expor as suas perspectivas, hipóteses, dúvidas e incertezas e receberam contribuições dos professores. Essas contribuições foram avaliadas pelo grupo e serão analisadas nas próximas etapas. Eles farão os testes com extrato de concentrações menores e com extrato seco.

Ressalta-se que a partir dessa aula, o problema da volatilidade da substância repelente passou a ser considerado com mais atenção pelo grupo. Com isso, a constatação ou não dessa característica passou a orientar discussões e propostas de procedimentos para os próximos testes. As propostas de isolamento do eugenol e o teste *in loco* não foram desenvolvidas, a primeira por falta de condições materiais e segunda, provavelmente, por falta de tempo, já que o final do semestre estava próximo.

Quadro 8

Sequência de ações do grupo analisado na terceira aula de apresentação de projetos

Episódios	Duração	Ações do grupo	Objetivo
1	0:02:32 a 0:08:30	Apresentação do andamento do projeto	Apresentar informações sobre andamento do projeto
2	0:08:30 a 0:12:59	Estabelecendo procedimentos da investigação	Apresentar os possíveis procedimentos para as próximas etapas da investigação
3	0:12:59 a 0:14:39	Descrição dos objetos da investigação	Apresentar características do comportamento das formigas e de propriedades químicas do eugenol
4	0:14:39 a 23:41	Discussão sobre procedimentos da investigação	Definir os procedimentos para as próximas etapas da investigação
5	0: 23:41 a 0:24:37	Relato ao professor	Informar ao professor sobre o número de formigas utilizado nos testes padronizados

AULA 11

A AULA 11 aconteceu no laboratório e as ações do grupo ocorreram no período que compreendeu uma hora e trinta e três minutos e quarenta e sete segundos. O grupo estava completo e o professor Carlos acompanhou a turma. Nessa aula, os alunos se dedicaram a realizar ensaios experimentais com extrato de cravo da Índia em concentração de 25% v/v. Essa aula foi dividida em doze episódios.

No episódio 1, os alunos organizaram a bancada dispondo o material necessário para a realização dos ensaios experimentais do dia. No episódio 2, eles prepararam os materiais para os ensaios experimentais do dia: limpam a fôrmica e contaram os cravos da Índia necessários para realizar a produção de um extrato com concentração de 50% v/v. Nesse momento, eles conversaram a respeito de como produzir um extrato com a concentração de 25%v/v. O grupo estabeleceu fazer um extrato com essa concentração considerada mínima, de modo que constatada propriedade repelente neste líquido, seria desnecessário produzir e realizar ensaios experimentais com um extrato com metade da concentração.

Dessa forma, eles passaram a produzir o extrato: pesando os cravos, macerando e filtrando o líquido. Essa medida é registrada no artigo como: “C2 = 1,25 g de cravos em 50 ml de água.” Eles discutiram sobre qual seria área de aplicação do extrato e consultando informações do caderno de protocolo optaram pela medida definida na AULA 9 e que foi aconselhada pelo professor Márcio.

O episódio 2 teve como ação a montagem do experimento. Eles traçaram com lapiseira a área de aplicação do extrato e o pipetaram. No terceiro episódio, com a escolha da embalagem de formigas, sua abertura sobre a fórmica e a marcação do tempo teve início o primeiro ensaio experimental do dia. Nesse ensaio experimental, eles repetiram os procedimentos anteriores: observaram, mataram e contaram as formigas que saíram do halo e fizeram comentários. Terminado o tempo de dez minutos, eles mataram e contaram as formigas que ficaram no centro do halo e informaram o resultado que foi anotado.

No quinto episódio, o grupo começou a se preparar para o segundo ensaio experimental. Eles limpavam a fórmica, quando foi informado a porcentagem de formigas que saíram, iniciando o sexto episódio, que consistiu em avaliação prévia. Eles julgaram previamente o resultado obtido e ressaltaram a importância de se esperar os resultados dos outros dois ensaios para elaborar alguma conclusão.

Assim do episódio 7 ao 11, o grupo se envolveu em ações de preparação, montagem e realização dos outros dois ensaios experimentais. Eles limpavam a fórmica, pipetaram o extrato, colocaram as formigas no centro do halo. Posteriormente, iniciaram os testes, respeitando o tempo de dez minutos. Nesse tempo, eles observaram a movimentação das formigas, mataram e contaram as que saíram. Esgotado o tempo do experimento, eles mataram todas as formigas que ficaram no centro do halo e informaram o resultado. Um membro do grupo registrou o número e fez os cálculos da média. Como sempre no episódio 12, ao final das ações do grupo, eles organizaram a bancada.

Nessa aula, observa-se que houve novamente uma preocupação do grupo em produzir dados a partir de evidências empíricas sob condições padronizadas e controladas. Com isso, esperava-se obter um resultado que poderia ser considerado legítimo e válido pela comunidade representada pelos professores e pelos colegas da disciplina. Nessa etapa da disciplina, os alunos avaliavam que as suas ações já tinham fornecidos dados suficientes para atender a necessidade de produção dos trabalhos da disciplina, algo que garantiria a aprovação do grupo, uma das necessidades da atividade. Esses resultados e os obtidos na aula 9 foram apresentados da seguinte forma no artigo:

a3. “Os resultados permitem inferir que *Eugenia caryophyllata* apresenta atividade repelente sobre formigas *Tapinoma melanocephalum*, apresentando em média 90% e 84% de eficiência quando aplicado nas respectivas concentrações C1((100%)) e C2((25%)). Essa porcentagem aproxima-se às porcentagens de eficiência de repelentes comerciais, como repelentes a base de dietiltoluamida (DEET) que apresentam entre 80% e 95% de eficiência em sua concentração não tóxica.”

Mesmo com os resultados que os propiciam cumprir os requisitos para a aprovação na disciplina, o grupo se mostrou determinado a prosseguir com suas ações para aprimorar o projeto para obter o repelente natural que poderia ser utilizado em ambientes domésticos. Com isso, percebe-se que para esse grupo, a atividade de investigação desenvolvida na disciplina não estaria somente relacionada ao cumprimento de tarefas escolares, mas há um compromisso com a geração de uma solução para um problema que os inquietava.

Ressalta-se, que excetuando a aula 9, também realizada no laboratório, mas que envolveu apenas a execução de um teste-controle, essa foi a aula de produção em que se percebe o menor número de episódios. Em um panorama geral, as ações que se desenvolveram nessa aula envolveram um menor número de discussões sobre os procedimentos a serem adotados, fruto provável da clareza do objetivo principal definido pelo grupo, da padronização dos procedimentos e do domínio das habilidades pelos membros do grupo. Dessa forma, as tarefas foram realizadas de forma mais automática,

propiciando um maior número de interações sobre assuntos informais do que pôde ser observado nas aulas anteriores.

Quadro 9

Sequência de ações do grupo analisado na sexta aula no laboratório realizando a investigação

Episódios	Duração	Ações do grupo	Objetivo
1	0:00:00 a 0:03:31	Organização da bancada	Preparar o espaço e os materiais para os experimentos da aula
2	0:03:31 a 0:23:49	Preparação para a investigação	Preparar os materiais necessários para os ensaios experimentais do dia
3	0:23:49 a 0:35:28	Montagem do experimento	Montar o experimento para o primeiro ensaio experimental
4	0:35:28 a 0:47:45	Realização do primeiro teste	Realizar ensaio experimental com objetivo de verificar se o extrato com concentração de 25% apresenta propriedades repelentes sobre as formigas fantasmas
5	0:47:45 a 0:49:27	Preparação para a investigação	Preparar os materiais para o segundo ensaio experimental
6	0:49:27 a 0:51:59	Discussão sobre os resultados do primeiro ensaio experimental	Avaliar os resultados obtidos no primeiro ensaio experimental com extrato com concentração de 25% Estabelecer procedimentos para a investigação
7	0:51:59 a 0:58:24	Montagem do experimento para segundo teste	Preparar o experimento para segundo ensaio experimental
8	0:58:24 a 1:10:09	Realização do segundo ensaio experimental	Confirmar os resultados obtido no primeiro ensaio experimental
9	1:10:09 a 1:11:02	Preparação do experimento	Preparar os materiais necessários para o terceiro experimento
10	1:11:02 a 1:16:44	Montagem do experimento	Preparar o experimento para terceiro ensaio experimental
11	1:16:44 a 1:30:35	Realização do terceiro teste	Confirmar os resultados obtidos no primeiro e segundo ensaio experimental

12	1:30:35 a 1:33:47	Organização da Bancada	Arrumar o espaço de trabalho do grupo
----	----------------------	-------------------------------	---------------------------------------

AULA 12

A aula 12 durou uma hora, trinta e seis minutos e quarenta e dois segundos. Ela foi dividida em vinte e dois episódios e contou com a presença do professor Márcio. O grupo, que estava completo, tinha como objetivo para essa aula realizar experimentos nos quais pudessem verificar a existência de propriedade repelente após a secagem do extrato de cravo da Índia aplicado sobre uma superfície.

Nesse dia, no episódio 1, Juan chegou com muita antecedência e começou a organizar a bancada. Ele informou ao professor Márcio o objetivo do grupo para esta aula. No episódio 2, o professor questionou se existiria um fixador de cheiro. O aluno questionado, Juan, disse que deve existir mais que não conhece. Essa é a primeira vez que esse tipo de substância é mencionada. No episódio 3, enquanto Juan preparava os materiais para os ensaios experimentais chegou o restante do grupo. Nesse momento, e, principiando o quinto episódio, solicitaram e obtiveram do professor as informações a respeito da data de entrega dos trabalhos escritos (o artigo e o relatório de atividades), e da apresentação do banner.

No episódio 5, eles passaram a informar ao professor sobre os procedimentos e os resultados dos testes anteriores. Eles expuseram que os testes com concentração 25% v/v também os forneceram resultados suficientes para a resposta à questão de pesquisa proposta, isto é, mesmo nesta concentração era observado propriedade repelente no extrato. Portanto, eles decidiram se dedicar ao problema da duração do efeito e da possível volatilidade da substância pesquisada. Eles descreveram os procedimentos planejados para o dia: fazer o extrato, aplicar na fórmica e deixar secar. Eles indicaram que para facilitar o processo de secagem do líquido poderiam utilizar na aplicação: um pincel ou um chumaço de algodão.

No próximo momento, no episódio 6, eles discutiram acerca dos procedimentos dos ensaios experimentais. Nessa discussão, eles definiram que deveriam produzir um extrato de cravo da Índia com concentração de 100% v/v. Eles também discutiram sobre a forma de aplicação do extrato na fôrmica e para isso tentaram relacionar essa escolha a maneira como esse poderia ser aplicado na cozinha. Mas nesse episódio, eles ainda não estabeleceram o procedimento de aplicação.

No episódio 7, eles começaram a preparar o extrato, seguindo os procedimentos já definidos e executados anteriormente. Eles contaram, pesaram os cravos. Colocados no cadinho, os cravos são macerados com água e o líquido produzido é filtrado. Esse procedimento de preparo do extrato durou até o episódio 13.

Nesse período, eles fizeram os cálculos de desvio-padrão e variância dos dados dos ensaios experimentais da aula 11 e avaliaram os resultados produzidos. Eles discutiram sobre quais elementos dos experimentos deveriam compor o banner que seria produzido para a apresentação final. Essa discussão continuou no episódio 9, em que eles tentaram definir que resultados deveriam compor o trabalho escrito. Com pouca disponibilidade de tempo devido à proximidade do final do semestre, eles descartaram a realização de novos testes, como por exemplo, o teste *in loco*, sugerido na aula anterior.

O episódio 9 se iniciou com o professor se aproximando da bancada e o grupo o consultando sobre a possibilidade de se retirar a pigmentação do extrato, algo indesejado para um produto que seria aplicado em superfícies de ambientes domésticos. O professor Márcio explicou que o eugenol pode ser o pigmento, e portanto não poderia ser retirado. Ele sugeriu que verificassem consultar qual a cor do eugenol. Algo que é feito por meio de uma ligação para uma conhecida de Débora, que faz farmácia, que confirmou o eugenol tem uma coloração de tom marrom. No curso de farmácia, o eugenol é utilizado em aulas práticas. A colega prometeu fornecer uma pequena quantidade dessa substância para o grupo. Na impossibilidade de se retirar o eugenol, eles aventaram a possibilidade de se utilizar uma substância que mascare esse

efeito. Entretanto, tanto a obtenção e uso do eugenol doado pela aluna do curso de farmácia, quanto a pesquisa de uma substância para mascarar a coloração do eugenol não serão realizadas.

No episódio 13, eles adaptaram pedaços de algodão na ponta de pipetas com a finalidade de aplicar o extrato. Esse procedimento foi testado no episódio 14, mas percebendo a sua ineficiência, outra alternativa foi empregada. Eles pipetaram algumas gotas sobre a fórmica e sugaram novamente o seu conteúdo. Observando o processo, o professor sugeriu a aplicação com um pincel e se prontificou a trazê-lo. Com a chegada do pincel, eles aplicaram o extrato em uma região previamente delimitada. Para acelerar a secagem do extrato, no episódio 15, eles balançaram papéis para ventilar sobre a fórmica. Eles marcaram com lápis a região em que foi aplicado o extrato para facilitar a visualização da região de aplicação. Percebendo que o extrato havia secado, o grupo se preparou para iniciar o primeiro ensaio experimental do dia.

Então, no episódio 16, aconteceu o primeiro ensaio experimental do dia. Eles colocaram a embalagem de formigas no centro do halo, abriram-na, iniciaram a contagem do tempo. Eles observaram, fizeram comentários, mataram e contaram as formigas que atravessaram a região onde foi aplicado o extrato. Eles perceberam que o número de formigas que atravessavam era maior do que foi observado em outros testes e o que reforçava a hipótese do grupo de que essa substância responsável pela propriedade repelente era volátil. Durante esse ensaio experimental, eles discutiram sobre uma forma diferente de aplicação do extrato e de montagem do experimento. Eles propuseram passar o extrato na metade da fórmica e observar se as formigas iriam até a região onde ele foi aplicado. Com dez minutos, das cinquenta e uma formigas colocadas no centro da fórmica, quarenta e oito saíram. Um resultado bem distante do que era esperado pelo grupo, que diante desse problema, discutiu sobre quais seriam os próximos da investigação.

No episódio 17, eles descreveram ao professor como seriam os procedimentos para o próximo experimento. Primeiro, eles aplicariam o extrato

na metade da fórmica e soltariam as formigas na metade sem extrato. Depois, eles observariam se as formigas evitariam ou não se deslocar até a região onde foi aplicado o extrato. Para evitar a fuga das formigas, nas bordas da fórmica seria colocada uma barreira física com água. Enquanto alguns descreviam ao professor, outros integrantes já montavam o experimento. Portanto, no episódio 18, eles iniciaram esse segundo ensaio experimental. Nesse período, eles observaram e comentaram como em outros testes, mas se propuseram a não matar as formigas. Nas observações iniciais, o grupo já avaliavam negativamente os dados obtidos, pois as formigas não se mostravam afetadas e circulavam pela área onde o extrato foi aplicado.

Quando encerraram o ensaio experimental, os integrantes do grupo iniciaram alguns episódios, 19 e 20, nos quais fizeram uma avaliação dos ensaios experimentais do dia. Nessa avaliação eles consideraram pontos importantes como: que ainda existiam dificuldades para a obtenção de formigas; que os resultados com o extrato seco impuseram limitações e problemas as pretensões do grupo. Diante deste quadro, foi sugerido o uso de um fixador e a realização de mais um ensaio experimental. Para esse ensaio, o grupo pipetaria o extrato neste dia e realizaria o teste com as formigas no dia posterior. Essa montagem foi realizada no episódio 22 que finalizou a aula.

Os experimentos dos dia posterior não foram filmados e nem acompanhados pelo pesquisador, portanto segue o relato encontrado no relatório de atividades do grupo:

a 4.”Outros testes utilizando o extrato seco foram feitos, porém com gotas (formando o retângulo). O primeiro deles foi realizado utilizando gotas do extrato de concentração 100% que secaram durante 24 horas. Após aproximadamente 9 minutos, todas as 29 formigas iniciais haviam saído da área delimitada. O segundo experimento foi executado fazendo uso de gotas de um extrato com a mesma concentração do procedimento anterior, porém secaram por apenas 4 horas. Cerca de 3 minutos depois, todas as 35 formigas presentes ultrapassaram o retângulo.”

Nessa aula, os alunos realizaram um teste com extrato seco que já tinha sido proposto na aula 5 e que poderia ter sido realizado na aula 7. Na aula 5, o grupo tinha deixado a fórmica suja com o extrato e pretendia na aula 7, quinze

dias depois, realizar um teste com as formigas com objetivo de verificar a duração do efeito repelente. No entanto, devido o número reduzido de formigas capturado para a aula 7, o grupo mudou os seus planos e não realizou o teste planejado.

Com os resultados desse teste, os alunos foram desafiados a repensar novas alternativas para lidar com hipótese da volatilidade da substância. Eles consideraram a sugestão da utilização do fixador dada pelo professor Márcio.

Quadro 10
Sequência de ações do grupo analisado na sétima aula no laboratório realizando a investigação

Episódios	Duração	Ações do grupo	Objetivo
1	0:00:00 a 0:02:44	Organização da bancada e relato a professor	<i>Preparar o espaço e os materiais para os experimentos da aula</i> <i><u>Informar ao professor sobre os procedimentos do dia</u></i>
2	0:02:44 a 0:07:18	Preparação para a investigação	Preparar o experimento para o primeiro teste do dia
3	0:07:18 a 0:09:45	Discussão sobre agenda da disciplina	Obter informações sobre entrega de trabalho escrito e apresentação de banner
4	0:09:45 a 0:12:17	Relato ao professor	Informar ao professor os resultados dos testes anteriores e os procedimentos planejados para o dia
5	0:12:17 a 0:15:14	Discussão sobre procedimento da investigação	Definir a concentração do extrato que será utilizado nos ensaios experimentais do dia e a forma de aplicação do extrato
6	0:15:14 a 0:24:38	Preparação para a investigação	Preparar o extrato que será utilizado no primeiro ensaio experimental
7	0:24:38 a 0:27:48	Discussão sobre a produção do trabalho escrito e sobre procedimentos da investigação	Determinar os resultados da investigação que devem compor o trabalho escrito e possíveis procedimentos da investigação
8	0:27:48 a 0:28:55	Consulta ao professor	Verificar a existência de um procedimento de extração de pigmento do extrato
9	0:28:55 a 0:29:48	Preparação para a investigação	Preparar o extrato que será utilizado no primeiro teste

10	0:29:48 a 0:33:40	Discussão sobre procedimentos da investigação	Resolver o problema das manchas coloridas e de difícil retirada resultantes da aplicação do extrato sobre superfícies
11	0:33:40 a 0:37:35	Preparação para a investigação	Preparar o extrato e os materiais que serão utilizados no primeiro teste
12	0:37:35 a 0:47:14	Realização de teste de aplicação do extrato	Determinar o procedimento mais adequado para aplicação do extrato sobre a fórmica
13	0: 47:14 a 0:50:55	Montagem do experimento	Preparar o experimento para primeiro ensaio experimental do dia
14	0:50:55 a 1:02:03	Realização do primeiro experimento	Realizar o primeiro ensaio experimental para verificar a eficiência do extrato seco de cravo da índia como repelente de formigas
15	1:02:03 a 1:11:39	Montagem do experimento	Montar um novo design do experimento para verificar a eficiência do extrato seco de cravo da índia como repelente de formigas
16	1:11:39 a 1:22:32	Realização do segundo teste	Realizar segundo ensaio experimental para a eficiência do extrato seco de cravo da índia como repelente de formigas
21	1:29:44 a 1:32:16	Organização da Bancada	Arrumar a bancada
22	1:32:16 a 1:36:42	Montagem do experimento	Montar experimento que será realizado no dia posterior

AULA 13

A aula 13 foi a última aula de apresentação da disciplina. Os professores Márcio e Carlos estavam presentes e o grupo estava completo. Após a apresentação de dois outros grupos, eles iniciaram a exposição com objetivo de informar sobre os resultados obtidos nos últimos ensaios experimentais. Essa apresentação do grupo durou nove minutos e onze segundos.

De forma similar as outras apresentações, aula 6 e aula 10, o episódio 1 foi iniciado com uma descrição dos procedimentos realizados pelo grupo nas últimas aulas. Eles informaram os resultados obtidos nos ensaios experimentais com as concentrações cem por cento e vinte e cinco por cento. Esses resultados eram avaliados como aqueles que lhes permitiam confirmar a

propriedade repelente no cravo da Índia. Eles descreveram os diferentes ensaios experimentais realizados com o extrato seco que foram feitos para verificar a viabilidade do mesmo como um produto doméstico. Eles comunicaram que os resultados encontrados pelo grupo, as formigas não se mostravam afetadas pelo extrato seco, apontavam para a hipótese da substância pesquisada ser volátil.

Diante dos problemas enfrentados pelo grupo, no episódio 2, ocorreu uma discussão sobre as limitações da investigação. Nessa discussão, o grupo e os professores retomaram os problemas da coloração do eugenol que dificultaria a adoção desse extrato como um produto para ser utilizado em um residência e também a questão da duração do efeito da propriedade repelente. Os professores sugeriram a utilização de um fixador de aroma e de um solvente hidrofóbico para a produção do extrato. Esse episódio e a apresentação se encerrou com o grupo afirmando que iria investir na busca de uma forma de fixação.

Nesse dia, foi possível obter o registro de um momento peculiar, pois quando terminaram as apresentações dessa aula, os integrantes do grupo se reuniram na sala para discutir sobre os procedimentos a serem adotados na próxima e última aula de produção da disciplina. Esse episódio durou nove minutos e quarenta e seis segundos. Eles se propuseram a obter e utilizar um fixador de perfume e comentaram sobre a possibilidade da produção do extrato com óleo mineral. Eles aproveitaram para discutir sobre a produção do trabalho da disciplina comentando sobre que elementos deveriam compor o banner, o artigo e o relatório. Eles definiram os compromissos dos membros do grupo com cada uma das tarefas. Nesse episódio, o grupo também consultou ao professor Carlos sobre a viabilidade de utilizar o óleo mineral como solvente devido ao fato de que o eugenol ser um óleo. O professor confirmou essa possibilidade e eles passaram a discutir como utilizar tanto o óleo e o fixador na produção do extrato.

Quadro 11: Sequência de ações do grupo analisado na quarta aula de apresentação de projetos

Episódios	Duração	Ações do grupo	Objetivo
1	0:23:18 a 0:28:10	Apresentação do andamento do projeto	Apresentar informações sobre andamento do projeto mostrando os resultados dos testes realizados
2	0:28:10 a 0:34:29	Discussão sobre as limitações da investigação	Avaliar os problemas identificados na investigação e o possível passo para próxima etapa
3	1:03:43 a 1:13:29	Discussão sobre os procedimentos do trabalho	Determinar os próximos procedimentos da investigação e organizar a produção dos trabalhos avaliativos da disciplina

AULA 14

A aula 14 é a última aula de produção da disciplina. Ela durou uma hora e quarenta quatro minutos e sete segundos e foi dividida em quinze episódios. O grupo que estava completo tinha como objetivo para essa aula preparar dois extratos de cravo da Índia, com o uso de fixador e de óleo mineral, para verificar se a volatilidade da substância repelente. Essa ação do grupo foi acompanhada pelos dois professores.

O início dessa aula foi marcado por conversas sobre assuntos alheios à investigação, pois o grupo esperava a chegada de Thiago que foi o responsável pela aquisição tanto do óleo mineral quanto do fixador de perfumes. Ele chegou no episódio 7.

Nos episódios 2 e 3, eles atualizaram a agenda de trabalho do dia para o grupo e para o professor Carlos. No episódio 4, eles teceram comentários sobre o procedimento de extração e forma de aplicação da substância que seria produzida. Além disso, foi estabelecido que os ensaios experimentais seriam realizados no dia posterior.

No episódio 7, com a chegada de Thiago com os frascos de óleo mineral e de fixador e também de uma máquina fotográfica, o grupo iniciou as tarefas de preparação dos extratos de cravo da Índia. A máquina foi utilizada para

fazer o registro fotográfico dos procedimentos do grupo produzindo imagens necessárias à confecção do banner. Nesse episódio foi registrada outra justificativa para não realização de ensaios experimentais no dia, pois Ana informou a Thiago que não conseguiu capturar um número suficiente de formigas. Eles limpam a fôrmica e começaram a macerar os cravos com o intuito de adicionar o fixador ao preparo, entretanto os integrantes do grupo expressaram dúvidas sobre qual seria a quantidade de extrato que deveria ser utilizada.

Isso suscitou discussões no grupo e a consulta ao professor Carlos, que abrangeram os episódios 8, 9, 10. No episódio 8, o professor Carlos analisou a composição do fixador e por presumir que essa substância não seria densa sugeriu a extração direta sem o uso de água. No nono episódio, Thiago se propôs e ligou para empresa fabricante do fixador para obter maiores informações. No episódio posterior, o 10, Thiago informou ao grupo que na produção de perfumes são adicionados cem mililitros de óleo de cereais, 30 mililitros de essência e dez de fixador. Ele ressaltou que o fixador é hidrossolúvel. De posse dessas informações, o grupo definiu que para a produção do extrato acrescentando dez mililitros de fixador em quarenta mililitros de extrato aquoso.

No décimo primeiro episódio, uma parte do grupo continuou o processo de produção do extrato com fixador e outro iniciou a extração com óleo mineral. Com a aproximação do professor Márcio, episódio 12, eles o informaram sobre o andamento do processo de extração e sobre a consulta a empresa produtora do fixador. No episódio 13, eles terminaram o processo de filtração dos dois extratos. Já o episódio 14 é caracterizado pela montagem do experimento quando os integrantes pipetaram os dois extratos em um retângulo, com dois lados com o extrato com o fixador e dois lados com extrato com óleo mineral.

Com isso, no episódio 15, eles finalizaram as atividades do dia organizando a bancada. O ensaio experimentais foi realizado no dia posterior e não foi filmado ou acompanhado pelo pesquisador. Seguem as informações encontradas no relatório de atividades.

a. 5. “Foi feito um extrato de concentração 100% de cravo-da-índia com fixador (comum, comprado em perfumaria) e um segundo com a mesma massa de cravo (4,91 gramas) usada na concentração 100%, com óleo mineral (já que a substância é volátil é hidrofóbica). O retângulo foi formado fazendo uso desses dois extratos simultaneamente (metade com um extrato e a outra metade com o segundo extrato). Depois de inseridas as formigas dentro da área e passados os 10 minutos, do total de 50 formigas, 25 saíram pelo lado do fixador e 2 através do óleo. Os resultados, em especial, o obtido pelo extrato cravo + óleo mineral, foi muito satisfatório, porém devido ao pouco tempo para a realização do projeto, esse teste não pôde ser repetido, impedindo uma conclusão mais concreta.”

Com essa aula, o grupo encerrou as tarefas de produção sem poder confirmar ou não a hipótese da volatilidade da substância repelente e sem conseguir obter um produto repelente natural próprio para ambientes domésticos. Com o final do semestre e de posse dos resultados obtidos nas aulas 7, 8, 9 e 11, eles se dedicaram a produção dos trabalhos finais da disciplina. Isso possivelmente os impediu explorar melhor as últimas alternativas testadas, o uso do fixador e do óleo mineral, lidando com os problemas que podem ter influenciado nos resultados que foram obtidos.

Quadro 12

Sequência de ações do grupo analisado na oitava aula no laboratório realizando a investigação

Episódios	Duração	Ações do grupo	Objetivo
1	0:00:00 a 0:09:04		<ul style="list-style-type: none"> • Conversas informais Sobre trabalho de outra disciplina
2	0:09:04 a 0:11:42	Discussão sobre os procedimentos da investigação	Determinar os procedimentos para a investigação do dia
3	0:11:42 a 0:12:52	Relato a professor	Responder a questionamento do professor sobre andamento do projeto
4	0:12:52 a 0:16:38	Discussão sobre os procedimentos da investigação	Determinar os procedimentos do dia
5	0:16:38 a 0:17:20		
6	0:17:20 a 0:20:11	Discussão sobre agenda da disciplina	Solicitar ao professor um adiamento do dia da apresentação do trabalho
7	0:20:11 a 0:43:35	Preparação para investigação	Preparar os dois diferentes tipos de extratos que serão utilizados nos ensaios experimentais do dia posterior
8	0:43:35 a 0:46:17	Consulta ao professor	Obter informações sobre como utilizar o fixador na produção do extrato

9	0:46:17 a 0:51:57	Preparação para investigação	Preparar os dois diferentes tipos de extratos que serão utilizados nos ensaios experimentais do dia posterior
10	0:51:57 a 0:57:37	Discussão sobre procedimentos da investigação	Definir como será realizado o procedimento de produção de extrato de cravo da índia com fixador
11	0:57:37 a 1:17:19	Preparação para investigação	Preparar os dois diferentes tipos de extratos que serão utilizados nos testes do dia posterior
12	1:17:19 a 1:20:26	Relato a professor	Informar a professor sobre os procedimentos utilizados para a produção do extrato que contém o fixador
13	1:20:26 a 1:31:21	Preparação para investigação	Preparar os dois diferentes tipos de extratos que serão utilizados nos testes do dia posterior
14	1:32:20 a 1:40:34	Montagem do experimento	Montar o experimento que será realizado no dia posterior
15	1:40:34 a 1:44:07	Organização da bancada	